

T.C.
GAZİ ÜNİVERSİTESİ
EĞİTİM BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ORTA ÖĞRETİM FEN VE MATEMATİK ALANLARI EĞİTİMİ
ANABİLİM DALI FİZİK EĞİTİMİ BİLİM DALI

144950

LİSE 1. SINIF ÖĞRENCİLERİNİN “ISI VE SICAKLIK”
KONUSU HAKKINDA KAVRAM GELİŞTİRME
SÜREÇLERİNİN İNCELENMESİ

144950

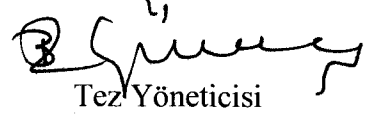
YÜKSEK LİSANS TEZİ

Hazırlayan
Seda ÇEKİÇ

Tez Danışmanı
Doç. Dr. Bilal GÜNEŞ

Ankara - 2004

Seda ÇEKİÇ tarafından hazırlanan **LİSE 1. SINIF ÖĞRENCİLERİNİN “ISI VE SICAKLIK” KONUSU HAKKINDA KAVRAM GELİŞTİRME SÜREÇLERİNİN İNCELENMESİ** adlı bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.


Tez Yöneticisi

Doç. Dr. Bilal GÜNEŞ

Bu çalışma jürimiz tarafından Ortaöğretim Fen ve Matematik Alanları Eğitimi Bölümü Fizik Eğitimi Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

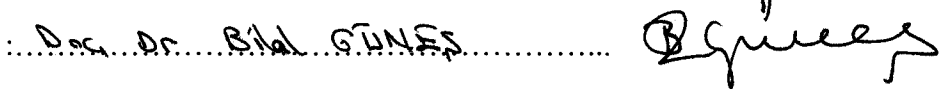
Başkan



Üye



Üye



Üye

.....

Üye

.....

Bu tez, Gazi Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygundur.

İÇİNDEKİLER

Sayfa
No:

ÖZET.....	I
ABSTRACT.....	II
TEŞEKKÜR.....	III
TABLoların LİSTESİ.....	IV
ŞEKİLLERİN LİSTESİ	X
KISALTMALAR.....	XI

BÖLÜM I

1.1. GİRİŞ.....	1
1.1.1. Olgular.....	1
1.1.2. Kavramlar.....	1
1.1.3. İlkeler.....	3
1.2. Fen'i Öğrenme.....	3
1.3. Kavram Çarkı.....	4
1.4. Kavram Sınıflandırma.....	7
1.5. Çalışmanın Dayandığı Temeller.....	9
1.5.1. Öğrenme.....	9
1.5.1.1. Kavramsal Değişim.....	12
1.5.1.2. Kavramsal Gelişim.....	13
1.5.1.3. Alternatif Çatılar.....	18
1.5.2. Yeni Bir Öğrenme Modeli: Yapılandırıcı Yaklaşım.....	21
1.5.3. Bilginin Yapılandırılması.....	22
1.6. Araştırmanın Amacı ve Önemi.....	24
1.6.1. Problem Cümlesi.....	25
1.6.2. Alt Problemler.....	25

1.6.3. Sayıtlılar.....	26
1.6.4. Sınırlamalar.....	26

BÖLÜM II

2.1. YÖNTEM.....	27
2.1.1. Evren ve Örneklem.....	27
2.1.2. Ölçme Araçları.....	28
2.1.3. Ölçme Araçlarının Geliştirilmesi.....	31
2.1.4. Etkinliklerin Uygulanışı.....	32
2.1.5. Verilerin Analizi.....	35

BÖLÜM III

3. BULGULAR VE YORUM.....	38
3. 1. Öğrencilerden Elde Edilen Bulgular ve Bulguların Değerlendirilmesi.....	39
3. 1. 1. Öğrenci A'nın Etkinliklere Vermiş Olduğu Cevaplar.....	39
3. 1. 1. 1. Madde ve Özellikleri ile İlgili Kavram Çarkının Değerlendirilmesi.....	39
3. 1. 1. 2. Madde ve Özellikleri ile İlgili Kavram Sınıflandırması.....	40
3. 1. 1. 3. Tablo 3. 1. Madde ve Özellikleri ile İlgili Sorulara ait Değerlendirme Tablosu	41
3. 1. 1. 4. Isı ve Sıcaklık ile İlgili Sorular.....	42
3. 1. 1. 5. Isı ve Sıcaklık ile İlgili Kavram Çarkının Değerlendirilmesi.....	43
3. 1. 1. 6. Isıtılan Maddeye Verilen Enerji ile İlgili Kavram Çarkının Değerlendirilmesi	44
3. 1. 1. 7. Isı ve Sıcaklık ile İlgili Kavram Sınıflandırması.....	45

3. 1. 1. 8. Tablo 3. 2. Isı ve Sıcaklık ile İlgili Sorular-1'e ait	
Değerlendirme Tablosu	46
3. 1. 1. 9. Tablo 3. 3. Isı ve Sıcaklık ile İlgili Sorular-2'ye ait	
Değerlendirme Tablosu.....	47
3. 1. 1. 10. Tablo 3. 4. Isı ve Sıcaklık ile İlgili Sorular-3'e ait	
Değerlendirme Tablosu	48
3. 1. 1. 11. Öğrenci A'ya Ait Etkinliklerin Değerlendirmesi.....	49
3. 1. 2. Öğrenci B'nin Etkinliklere Vermiş Olduğu Cevaplar.....	56
3. 1. 2. 1. Madde ve Özellikleri ile İlgili Kavram Çarkının Değerlendirilmesi.....	56
3. 1. 2. 2. Madde ve Özellikleri ile İlgili Kavram Sınıflandırması.....	58
3. 1. 2. 3. Tablo 3. 1. Madde ve Özellikleri ile İlgili Sorulara ait	
Değerlendirme Tablosu	59
3. 1. 2. 4. Isı ve Sıcaklık ile İlgili Sorular	60
3. 1. 2. 5. Isı ve Sıcaklık ile İlgili Kavram Çarkının Değerlendirilmesi.....	61
3. 1. 2. 6. Isıtılan Maddeye Verilen Enerji ile İlgili Kavram	
Çarkının Değerlendirilmesi	63
3. 1. 2. 7. Isı ve Sıcaklık ile İlgili Kavram Sınıflandırması.....	64
3. 1. 2. 8. Tablo 3. 2. Isı ve Sıcaklık ile İlgili Sorular-1'e ait	
Değerlendirme Tablosu	65
3. 1. 2. 9. Tablo 3. 3. Isı ve Sıcaklık ile İlgili Sorular-2'ye ait	
Değerlendirme Tablosu	66
3. 1. 2. 10. Tablo 3. 4. Isı ve Sıcaklık ile İlgili Sorular-3'e ait	
Değerlendirme Tablosu.....	67
3. 1. 2. 11. Öğrenci B'ye ait Etkinliklerin Değerlendirmesi.....	68
3. 1. 3. Öğrenci C'nin Etkinliklere Vermiş Olduğu Cevaplar.....	73
3. 1. 3. 1. Madde ve Özellikleri ile İlgili Kavram Çarkının Değerlendirilmesi.....	73
3. 1. 3. 2. Madde ve Özellikleri ile İlgili Kavram Sınıflandırması.....	74
3. 1. 3. 3. Tablo 3. 1. Madde ve Özellikleri ile İlgili Sorulara ait	
Değerlendirme Tablosu.....	75
3. 1. 3. 4. Isı ve Sıcaklık ile İlgili Sorular	76
3. 1. 3. 5. Isı ve Sıcaklık ile İlgili Kavram Çarkının Değerlendirilmesi.....	77

3. 1. 3. 6. Isıtılan Maddeye Verilen Enerji ile İlgili Kavram	
Çarkının Değerlendirilmesi.....	79
3. 1. 3. 7. Isı ve Sıcaklık ile İlgili Kavram Sınıflandırması.....	80
3. 1. 3. 8. Tablo 3. 2. Isı ve Sıcaklık ile İlgili Sorular-1'e ait	
Değerlendirme Tablosu	81
3. 1. 3. 9. Tablo 3. 3. Isı ve Sıcaklık ile İlgili Sorular-2'ye ait	
Değerlendirme Tablosu.....	82
3. 1. 3. 10. Tablo 3. 4. Isı ve Sıcaklık ile İlgili Sorular-3'e ait	
Değerlendirme Tablosu.....	83
3. 1. 3. 11. Öğrenci C'ye ait Etkinliklerin Değerlendirmesi.....	84
3. 1. 4. Öğrenci D'nin Etkinliklere Vermiş Olduğu Cevaplar.....	88
3. 1. 4. 1. Madde ve Özellikleri ile İlgili Kavram Çarkının Değerlendirilmesi.....	88
3. 1. 4. 2. Madde ve Özellikleri ile İlgili Kavram Sınıflandırması.....	90
3. 1. 4. 3. Tablo 3. 1. Madde ve Özellikleri ile İlgili Sorulara ait	
Değerlendirme Tablosu.....	91
3. 1. 4. 4. Isı ve Sıcaklık ile İlgili Sorular.....	92
3. 1. 4. 5. Isı ve Sıcaklık ile İlgili Kavram Çarkının Değerlendirilmesi.....	93
3. 1. 4. 6. Isıtılan Maddeye Verilen Enerji ile İlgili Kavram	
Çarkının Değerlendirilmesi	95
3. 1. 4. 7. Isı ve Sıcaklık ile İlgili Kavram Sınıflandırması.....	96
3. 1. 4. 8. Tablo 3. 2. Isı ve Sıcaklık ile İlgili Sorular-1'e ait	
Değerlendirme Tablosu	97
3. 1. 4. 9. Tablo 3. 3. Isı ve Sıcaklık ile İlgili Sorular-2'ye ait	
Değerlendirme Tablosu.....	98
3. 1. 4. 10. Tablo 3. 4. Isı ve Sıcaklık ile İlgili Sorular-3'e ait	
Değerlendirme Tablosu	99
3. 1. 4. 11. Öğrenci D'ye ait Etkinliklerin Değerlendirmesi.....	100
3. 1. 5. Öğrenci E'nin Etkinliklere Vermiş Olduğu Cevaplar.....	105
3. 1. 5. 1. Madde ve Özellikleri ile İlgili Kavram Çarkının Değerlendirilmesi	105
3. 1. 5. 2. Madde ve Özellikleri ile İlgili Kavram Sınıflandırması.....	106

3. 1. 5. 3. Tablo 3. 1. Madde ve Özellikleri ile İlgili Sorulara ait	
Değerlendirme Tablosu	107
3. 1. 5. 4. Isı ve Sıcaklık ile İlgili Sorular	108
3. 1. 5. 5. Isı ve Sıcaklık ile İlgili Kavram Çarkının Değerlendirilmesi.....	109
3. 1. 5. 6. Isıtılan Maddeye Verilen Enerji ile İlgili Kavram	
Çarkının Değerlendirilmesi	110
3. 1. 5. 7. Isı ve Sıcaklık ile İlgili Kavram Sınıflandırması.....	111
3. 1. 5. 8. Tablo 3. 2. Isı ve Sıcaklık ile İlgili Sorular-1'e ait	
Değerlendirme Tablosu.....	112
3. 1. 5. 9. Tablo 3. 3. Isı ve Sıcaklık ile İlgili Sorular-2'ye ait	
Değerlendirme Tablosu	113
3. 1. 5. 10. Tablo 3. 4. Isı ve Sıcaklık ile İlgili Sorular-3'e ait	
Değerlendirme Tablosu	114
3. 1. 5. 11. Öğrenci E'ye ait Etkinliklerin Değerlendirmesi.....	115
3. 1. 6. Öğrenci F'nin Etkinliklere Vermiş Olduğu Cevaplar.....	121
3. 1. 6. 1. Madde ve Özellikleri ile İlgili Kavram Çarkının Değerlendirilmesi ...	121
3. 1. 6. 2. Madde ve Özellikleri ile İlgili Kavram Sınıflandırması.....	122
3. 1. 6. 3. Tablo 3. 1. Madde ve Özellikleri ile İlgili Sorulara ait	
Değerlendirme Tablosu	123
3. 1. 6. 4. Isı ve Sıcaklık ile İlgili Sorular.....	124
3. 1. 6. 5. Isı ve Sıcaklık ile İlgili Kavram Çarkının Değerlendirilmesi.....	125
3. 1. 6. 6. Isıtılan Maddeye Verilen Enerji ile İlgili Kavram	
Çarkının Değerlendirilmesi.....	126
3. 1. 6. 7. Isı ve Sıcaklık ile İlgili Kavram Sınıflandırması.....	127
3. 1. 6. 8. Tablo 3. 2. Isı ve Sıcaklık ile İlgili Sorular-1'e ait	
Değerlendirme Tablosu	128
3. 1. 6. 9. Tablo 3. 3. Isı ve Sıcaklık ile İlgili Sorular-2'ye ait	
Değerlendirme Tablosu	129
3. 1. 6. 10. Tablo 3. 4. Isı ve Sıcaklık ile İlgili Sorular-3'e ait	
Değerlendirme Tablosu	130
3. 1. 6. 11. Öğrenci F'ye ait Etkinliklerin Değerlendirmesi.....	131

3. 1. 7. Öğrenci G'nin Etkinliklere Vermiş Olduğu Cevaplar.....	137
3. 1. 7. 1. Madde ve Özellikleri ile İlgili Kavram Çarkının Değerlendirilmesi ...	137
3. 1. 7. 2. Madde ve Özellikleri ile İlgili Kavram Sınıflandırması.....	138
3. 1. 7. 3. Tablo 3. 1. Madde ve Özellikleri ile İlgili Sorulara ait Değerlendirme Tablosu	139
3. 1. 7. 4. Isı ve Sıcaklık ile İlgili Sorular	140
3. 1. 7. 5. Isı ve Sıcaklık ile İlgili Kavram Çarkının Değerlendirilmesi.....	141
3. 1. 7. 6. Isıtılan Maddeye Verilen Enerji ile İlgili Kavram Çarkının Değerlendirilmesi	142
3. 1. 7. 7. Isı ve Sıcaklık ile İlgili Kavram Sınıflandırması.....	143
3. 1. 7. 8. Tablo 3. 2. Isı ve Sıcaklık ile İlgili Sorular-1'e ait Değerlendirme Tablosu	144
3. 1. 7. 9. Tablo 3. 3. Isı ve Sıcaklık ile İlgili Sorular-2'ye ait Değerlendirme Tablosu	145
3. 1. 7. 10. Tablo 3. 4. Isı ve Sıcaklık ile İlgili Sorular-3'e ait Değerlendirme Tablosu.....	146
3. 1. 7. 11. Öğrenci G'ye ait Etkinliklerin Değerlendirmesi.....	147
3. 1. 8. Öğrenci H'nin Etkinliklere Vermiş Olduğu Cevaplar.....	153
3. 1. 8. 1. Madde ve Özellikleri ile İlgili Kavram Çarkının Değerlendirilmesi....	153
3. 1. 8. 2. Madde ve Özellikleri ile İlgili Kavram Sınıflandırması.....	154
3. 1. 8. 3. Tablo 3. 1. Madde ve Özellikleri ile İlgili Sorulara ait Değerlendirme Tablosu	155
3. 1. 8. 4. Isı ve Sıcaklık ile İlgili Sorular.....	156
3. 1. 8. 5. Isı ve Sıcaklık ile İlgili Kavram Çarkının Değerlendirilmesi.....	157
3. 1. 8. 6. Isıtılan Maddeye Verilen Enerji ile İlgili Kavram Çarkının Değerlendirilmesi.....	158
3. 1. 8. 7. Isı ve Sıcaklık ile İlgili Kavram Sınıflandırması.....	159
3. 1. 8. 8. Tablo 3. 2. Isı ve Sıcaklık ile İlgili Sorular-1'e ait Değerlendirme Tablosu	160
3. 1. 8. 9. Tablo 3. 3. Isı ve Sıcaklık ile İlgili Sorular-2'ye ait Değerlendirme Tablosu	161

3. 1. 8. 10. Tablo 3. 4. Isı ve Sıcaklık ile İlgili Sorular-3'e ait	
Değerlendirme Tablosu	162
3. 1. 8. 11. Öğrenci H'ye ait Etkinliklerin Değerlendirmesi.....	163
3. 1. 9. Öğrenci I'nın Etkinliklere Vermiş Olduğu Cevaplar.....	168
3. 1. 9. 1. Madde ve Özellikleri ile İlgili Kavram Çarkının Değerlendirilmesi....	168
3. 1. 9. 2. Madde ve Özellikleri ile İlgili Kavram Sınıflandırması.....	169
3. 1. 9. 3. Tablo 3. 1. Madde ve Özellikleri ile İlgili Sorulara ait	
Değerlendirme Tablosu	170
3. 1. 9. 4. Isı ve Sıcaklık ile İlgili Sorular	171
3. 1. 9. 5. Isı ve Sıcaklık ile İlgili Kavram Çarkının Değerlendirilmesi.....	172
3. 1. 9. 6. Isıtılan Maddeye Verilen Enerji ile İlgili Kavram	
Çarkının Değerlendirilmesi	173
3. 1. 9. 7. Isı ve Sıcaklık ile İlgili Kavram Sınıflandırması.....	174
3. 1. 9. 8. Tablo 3. 2. Isı ve Sıcaklık ile İlgili Sorular-1'e ait	
Değerlendirme Tablosu	175
3. 1. 9. 9. Tablo 3. 3. Isı ve Sıcaklık ile İlgili Sorular-2'ye ait	
Değerlendirme Tablosu	176
3. 1. 9. 10. Tablo 3. 4. Isı ve Sıcaklık ile İlgili Sorular-3'e ait	
Değerlendirme Tablosu	177
3. 1. 9. 11. Öğrenci I'ya ait Etkinliklerin Değerlendirmesi.....	178
3. 1. 10. Öğrenci J'nin Etkinliklere Vermiş Olduğu Cevaplar.....	184
3. 1. 10. 1. Madde ve Özellikleri ile İlgili Kavram Çarkının Değerlendirilmesi....	184
3. 1. 10. 2. Madde ve Özellikleri ile İlgili Kavram Sınıflandırması.....	185
3. 1. 10. 3. Tablo 3. 1. Madde ve Özellikleri ile İlgili Sorulara ait	
Değerlendirme Tablosu	186
3. 1. 10. 4. Isı ve Sıcaklık ile İlgili Sorular.....	187
3. 1. 10. 5. Isı ve Sıcaklık ile İlgili Kavram Çarkının Değerlendirilmesi.....	188
3. 1. 10. 6. Isıtılan Maddeye Verilen Enerji ile İlgili Kavram	
Çarkının Değerlendirilmesi	189
3. 1. 10. 7. Isı ve Sıcaklık ile İlgili Kavram Sınıflandırması.....	190

3. 1. 10. 8. Tablo 3. 2. Isı ve Sıcaklık ile İlgili Sorular-1'e ait	
Değerlendirme Tablosu	191
3. 1. 10. 9. Tablo 3. 3. Isı ve Sıcaklık ile İlgili Sorular-2'ye ait	
Değerlendirme Tablosu	192
3. 1. 10. 10. Tablo 3. 4. Isı ve Sıcaklık ile İlgili Sorular-3'e ait	
Değerlendirme Tablosu	193
3. 1. 10. 11. Öğrenci J'ye ait Etkinliklerin Değerlendirmesi.....	194
3. 1. 11. Öğrenci K'nın Etkinliklere Vermiş Olduğu Cevaplar.....	200
3. 1. 11. 1. Madde ve Özellikleri ile İlgili Kavram Çarkının Değerlendirilmesi...	200
3. 1. 11. 2. Madde ve Özellikleri ile İlgili Kavram Sınıflandırması.....	201
3. 1. 11. 3. Tablo 3. 1. Madde ve Özellikleri ile İlgili Sorulara ait	
Değerlendirme Tablosu	202
3. 1. 11. 4. Isı ve Sıcaklık ile İlgili Sorular.....	203
3. 1. 11. 5. Isı ve Sıcaklık ile İlgili Kavram Çarkının Değerlendirilmesi.....	204
3. 1. 11. 6. Isıtılan Maddeye Verilen Enerji ile İlgili Kavram	
Çarkının Değerlendirilmesi.....	206
3. 1. 11. 7. Isı ve Sıcaklık ile İlgili Kavram Sınıflandırması.....	207
3. 1. 11. 8. Tablo 3. 2. Isı ve Sıcaklık ile İlgili Sorular-1'e ait	
Değerlendirme Tablosu	208
3. 1. 11. 9. Tablo 3. 3. Isı ve Sıcaklık ile İlgili Sorular-2'ye ait	
Değerlendirme Tablosu	209
3. 1. 11. 10. Tablo 3. 4. Isı ve Sıcaklık ile İlgili Sorular-3'e ait	
Değerlendirme Tablosu	210
3. 1. 11. 11. Öğrenci K'ya ait Etkinliklerin Değerlendirmesi.....	211
3. 1. 12. Öğrenci L'nin Etkinliklere Vermiş Olduğu Cevaplar.....	217
3. 1. 12. 1. Madde ve Özellikleri ile İlgili Kavram Çarkının Değerlendirilmesi...	217
3. 1. 12. 2. Madde ve Özellikleri ile İlgili Kavram Sınıflandırması.....	218
3. 1. 12. 3. Tablo 3. 1. Madde ve Özellikleri ile İlgili Sorulara ait	
Değerlendirme Tablosu	219
3. 1. 12. 4. Isı ve Sıcaklık ile İlgili Sorular.....	220
3. 1. 12. 5. Isı ve Sıcaklık ile İlgili Kavram Çarkının Değerlendirilmesi.....	221

3. 1. 12. 6. Isıtılan Maddeye Verilen Enerji ile İlgili Kavram	
Çarkının Değerlendirilmesi.....	222
3. 1. 12. 7. Isı ve Sıcaklık ile İlgili Kavram Sınıflandırması.....	223
3. 1. 12. 8. Tablo 3. 2. Isı ve Sıcaklık ile İlgili Sorular-1'e ait	
Değerlendirme Tablosu.....	224
3. 1. 12. 9. Tablo 3. 3. Isı ve Sıcaklık ile İlgili Sorular-2'ye ait	
Değerlendirme Tablosu	225
3. 1. 12. 10. Tablo 3. 4. Isı ve Sıcaklık ile İlgili Sorular-3'e ait	
Değerlendirme Tablosu.....	226
3. 1. 12. 11. Öğrenci L'ye ait Etkinliklerin Değerlendirmesi.....	227
3. 2. Elde Edilen Bulguların Alt Problemlere Göre Değerlendirilmesi.....	232
3. 2. 1. Birinci Alt Problem.....	232
3. 2. 2. İkinci Alt Problem.....	245
3. 2. 3. Üçüncü Alt Problem.....	251
3. 2. 4. Dördüncü Alt Problem.....	259
3. 2. 5. Beşinci Alt Problem.....	270

BÖLÜM IV

4.1. ARAŞTIRMANIN SONUCU.....	280
--------------------------------------	------------

KAYNAKÇA.....	297
----------------------	------------

EKLER.....	305
-------------------	------------

Ek 1 Madde ve Özellikleri ile İlgili Kavram Çarkı.....	306
--	-----

Ek 2 Madde ve Özellikleri ile İlgili Kavram Sınıflandırması.....	307
--	-----

Ek 3 Madde ve Özellikleri ile İlgili Sorular.....	308
---	-----

Ek 4 Isı ve Sıcaklık ile İlgili Sorular.....	310
--	-----

Ek 5 Isı ve Sıcaklık ile İlgili Kavram Çarkı.....	311
---	-----

Ek 6 Isıtılan Bir Maddeye Verilen Enerji ile İlgili Kavram Çarkı.....	312
Ek 7 Isı ve Sıcaklık ile İlgili Kavram Sınıflandırması.....	313
Ek 8 Isı ve Sıcaklık ile İlgili Sorular-1.....	314
Ek 9 Isı ve Sıcaklık ile İlgili Sorular-2.....	316
Ek 10 Isı ve Sıcaklık ile İlgili Sorular-3.....	317
Ek 11 Sıcak ve Soğuk Cisimlerin Teması Sonucunda Karışımın Son Sıcaklığının İncelenmesi Deneyi.....	319
Ek 12 Aynı Miktarda Isının Eşit Kütlelerdeki Sulara Verildiğinde Sıcaklık Değişiminin İncelenmesi Deneyi.....	322
Ek 13 Aynı Miktarda Isının Farklı Kütlelerdeki Sulara Verildiğinde Sıcaklık Değişiminin İncelenmesi Deneyi.....	324
Ek 14 Farklı Miktarda Isının Eşit Su Kütlelerine Verildiğinde Sıcaklık Değişiminin İncelenmesi Deneyi.....	326
Ek 15 Aynı Miktarda Isının Eşit Kütleli Ancak Farklı Cinsteki Maddelere Verildiğinde Sıcaklık Değişiminin İncelenmesi Deneyi.....	328
Ek 16 Madde ve Özellikleri ile İlgili Kavram Çarkının Değerlendirilmesi.....	330
Ek 17 Madde ve Özellikleri ile İlgili Kavram Sınıflandırması.....	335
Ek 18 Tablo 2. 3. Madde ve Özellikleri ile İlgili Sorulara ait Değerlendirme Tablosu.....	336
Ek 19 Isı ve Sıcaklık ile İlgili Soruların Değerlendirilmesi.....	337
Ek 20 Isı ve Sıcaklık ile İlgili Kavram Çarkının Değerlendirilmesi.....	339
Ek 21 Isıtılan Bir Maddeye Verilen Enerji ile İlgili Kavram Çarkının Değerlendirilmesi.....	348
Ek 22 Isı ve Sıcaklık ile İlgili Kavram Sınıflandırması.....	349
Ek 23 Tablo 2. 4. Isı ve Sıcaklık ile İlgili Sorular-1'e ait Değerlendirme Tablosu.....	350
Ek 24 Tablo 2. 5. Isı ve Sıcaklık ile İlgili Sorular-2'ye ait Değerlendirme Tablosu.....	351
Ek 25 Tablo 2. 6. Isı ve Sıcaklık ile İlgili Sorular-3'e ait Değerlendirme Tablosu.....	352
Özgeçmiş.....	353

ÖZET

Bu çalışmada, lise 1. sınıf öğrencilerinin, ortaöğretim fizik programı içeriğinde yer alan “ısı ve sıcaklık” konusu ile ilgili kavram geliştirme süreçleri incelenmek ve “madde ve özellikleri” konusunun öğrencilerin kavram geliştirme sürecindeki etkisinin ne olduğu araştırılmak istenmiştir. Isı ve sıcaklık kavramlarının bir öğrenci tarafından nasıl üretildiği, bilişsel yapıda kavramsal çatıların nasıl geliştirildiği, açıklayıcı bir uygunluk içinde alternatif çatıların nasıl uygulandığı ve zaman içerisinde kararlı hale geldiği araştırılmak istenen amaçlardandır. Bu amaçlar doğrultusunda; kavram çarkı, kavram sınıflandırması ve çeşitli sorular geliştirilmiştir. Bu etkinlikler, Aksaray İli, Güzeyurt İlçesine bağlı Ihlara kasabasında bulunan Ihlara Çok Programlı Lisesine devam eden 12 öğrenciye uygulanmıştır. Uygulamadan elde edilen verilerin analizleri, öğrencilerin açıklayıcı alternatif çatılara sahip olabileceklerini, alternatif çatıları kullanarak olgulara açıklamalar getirebileceklerini ve bu çatıları süreç içerisinde uygulayabileceklerini göstermiştir.

Anahtar Kelimeler : Kavramsal gelişim ve alternatif çatılar

Sayfa adedi : 353

Tez Yöneticisi : Doç. Dr. Bilal GÜNEŞ

ABSTRACT

In this study, it has been wanted to explore the 9th grade students' process of conceptual development about "heat and tempeture" which is subject included in secondary school physics curriculum in Turkey and to show the effects of the concepts of "matter and it's properties" on the process of conceptual development. How the concepts of "heat and tempeture" are generated by a learner, how the conceptual frameworks are developed on cognitive structure, how these alternative frameworks applied cohorently across a wide range of overlopping contexts and became a persistent over time are the purposes to be investigated. Through these purposes; concept circule, concept categorization and various questions were developed. These representations were given to twelve 9th graders in Ihlara Çok Programlı Lisesi in Ihlara Town, Güzelyurt in the province of Aksaray. Analysis of the documents which are obtained from the study has showed that students will be able to have explanatory alternative frameworks, provide explanation for phenomena by using alternative frameworks and use these on process.

Key Words : Conceptual development and alternative frameworks

Number of Pages : 353

Adviser : Associate Prof. Dr. Bilal GÜNEŞ

TEŞEKKÜR

Araştırma süresince, tecrübeleri ile beni yönlendiren ve amaçladığım hedeflere ulaşmamda bana yardımcı olan danışmanım Sayın Doç. Dr. Bilal GÜNEŞ'e teşekkürü bir borç bilirim.

Okulda derslerini bana vererek projeyi gerçekleştirmemi sağlayan fizik öğretmeni Sayın Yaşar SAĞLAM'a ve araştırmada esas paya sahip olan, büyük bir emekle ve samimiyetle fizik kursuna katılan ve etkinliklere cevap veren değerli öğrenci arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Bu araştırma, Gazi Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Fonu tarafından desteklenmiştir (04/2003-15).

TABLOLARIN LİSTESİ

Tablo	Sayfa No:
Tablo 2. 1. Araştırmaya katılan öğrenciler ve özellikleri.....	27
Tablo 2. 2. Araştırmanın uygulanmasındaki temel adımlar ve bunlar arasındaki ilişkiler.....	30
Tablo 2. 3. Madde ve Özellikleri ile İlgili Sorulara ait Değerlendirme Tablosu.....	336
Tablo 2. 4. Isı ve Sıcaklık ile İlgili Sorular-1'e ait Değerlendirme Tablosu.....	350
Tablo 2. 5. Isı ve Sıcaklık ile İlgili Sorular-2'ye ait Değerlendirme Tablosu.....	351
Tablo 2. 6. Isı ve Sıcaklık ile İlgili Sorular-3'e ait Değerlendirme Tablosu.....	352
Tablo 3. 1. Madde ve özellikleri ile ilgili sorulara Öğrenci A'nın vermiş olduğu cevapları gösteren tablo.....	41
Tablo 3. 2. Isı ve sıcaklık ile ilgili sorular-1'e Öğrenci A'nın vermiş olduğu cevapları gösteren tablo.....	46
Tablo 3. 3. Isı ve sıcaklık ile ilgili sorular-2'ye Öğrenci A'nın vermiş olduğu cevapları gösteren tablo.....	47
Tablo 3. 4. Isı ve sıcaklık ile ilgili sorular-3'e Öğrenci A'nın vermiş olduğu cevapları gösteren tablo.....	48

Tablo 3. 5. Madde ve özellikleri ile ilgili sorulara Öğrenci B'nin vermiş olduğu cevapları gösteren tablo.....	59
Tablo 3. 6. Isı ve sıcaklık ile ilgili sorular-1'e Öğrenci B'nin vermiş olduğu cevapları gösteren tablo.....	65
Tablo 3. 7. Isı ve sıcaklık ile ilgili sorular-2'ye Öğrenci B'nin vermiş olduğu cevapları gösteren tablo.....	66
Tablo 3. 8. Isı ve sıcaklık ile ilgili sorular-3'e Öğrenci B'nin vermiş olduğu cevapları gösteren tablo.....	67
Tablo 3. 9. Madde ve özellikleri ile ilgili sorulara Öğrenci C'nin vermiş olduğu cevapları gösteren tablo.....	75
Tablo 3. 10. Isı ve sıcaklık ile ilgili sorular-1'e Öğrenci C'nin vermiş olduğu cevapları gösteren tablo.....	81
Tablo 3. 11. Isı ve sıcaklık ile ilgili sorular-2'ye Öğrenci C'nin vermiş olduğu cevapları gösteren tablo.....	82
Tablo 3. 12. Isı ve sıcaklık ile ilgili sorular-3'e Öğrenci C'nin vermiş olduğu cevapları gösteren tablo.....	83
Tablo 3. 13. Madde ve özellikleri ile ilgili sorulara Öğrenci D'nin vermiş olduğu cevapları gösteren tablo.....	91
Tablo 3. 14. Isı ve sıcaklık ile ilgili sorular-1'e Öğrenci D'nin vermiş olduğu cevapları gösteren tablo.....	97

Tablo 3. 15. Isı ve sıcaklık ile ilgili sorular-2'ye Öğrenci D'nin vermiş olduğu cevapları gösteren tablo.....	98
Tablo 3. 16. Isı ve sıcaklık ile ilgili sorular-3'e Öğrenci D'nin vermiş olduğu cevapları gösteren tablo.....	99
Tablo 3. 17. Madde ve özellikleri ile ilgili sorulara Öğrenci E'nin vermiş olduğu cevapları gösteren tablo.....	107
Tablo 3. 18. Isı ve sıcaklık ile ilgili sorular-1'e Öğrenci E'nin vermiş olduğu cevapları gösteren tablo.....	112
Tablo 3. 19. Isı ve sıcaklık ile ilgili sorular-2'ye Öğrenci E'nin vermiş olduğu cevapları gösteren tablo.....	113
Tablo 3. 20. Isı ve sıcaklık ile ilgili sorular-3'e Öğrenci E'nin vermiş olduğu cevapları gösteren tablo.....	114
Tablo 3. 21. Madde ve özellikleri ile ilgili sorulara Öğrenci F'nin vermiş olduğu cevapları gösteren tablo.....	123
Tablo 3. 22. Isı ve sıcaklık ile ilgili sorular-1'e Öğrenci F'nin vermiş olduğu cevapları gösteren tablo.....	128
Tablo 3. 23. Isı ve sıcaklık ile ilgili sorular-2'ye Öğrenci F'nin vermiş olduğu cevapları gösteren tablo.....	129
Tablo 3. 24. Isı ve sıcaklık ile ilgili sorular-3'e Öğrenci F'nin vermiş olduğu cevapları gösteren tablo.....	130

Tablo 3. 25. Madde ve özellikleri ile ilgili sorulara Öğrenci G'nin vermiş olduğu cevapları gösteren tablo.....	139
Tablo 3. 26. Isı ve sıcaklık ile ilgili sorular-1'e Öğrenci G'nin vermiş olduğu cevapları gösteren tablo.....	144
Tablo 3. 27. Isı ve sıcaklık ile ilgili sorular-2'ye Öğrenci G'nin vermiş olduğu cevapları gösteren tablo.....	145
Tablo 3. 28. Isı ve sıcaklık ile ilgili sorular-3'e Öğrenci G'nin vermiş olduğu cevapları gösteren tablo.....	146
Tablo 3. 29. Madde ve özellikleri ile ilgili sorulara Öğrenci H'nin vermiş olduğu cevapları gösteren tablo.....	155
Tablo 3. 30. Isı ve sıcaklık ile ilgili sorular-1'e Öğrenci H'nin vermiş olduğu cevapları gösteren tablo.....	160
Tablo 3. 31. Isı ve sıcaklık ile ilgili sorular-2'ye Öğrenci H'nin vermiş olduğu cevapları gösteren tablo.....	161
Tablo 3. 32. Isı ve sıcaklık ile ilgili sorular-3'e Öğrenci H'nin vermiş olduğu cevapları gösteren tablo.....	162
Tablo 3. 33. Madde ve özellikleri ile ilgili sorulara Öğrenci I'nın vermiş olduğu cevapları gösteren tablo.....	170
Tablo 3. 34. Isı ve sıcaklık ile ilgili sorular-1'e Öğrenci I'nın vermiş olduğu cevapları gösteren tablo.....	175

Tablo 3. 35. Isı ve sıcaklık ile ilgili sorular-2'ye Öğrenci I'nın vermiş olduğu cevapları gösteren tablo.....	176
Tablo 3. 36. Isı ve sıcaklık ile ilgili sorular-3'e Öğrenci I'nın vermiş olduğu cevapları gösteren tablo.....	177
Tablo 3. 37. Madde ve özellikleri ile ilgili sorulara Öğrenci J'nin vermiş olduğu cevapları gösteren tablo.....	186
Tablo 3. 38. Isı ve sıcaklık ile ilgili sorular-1'e Öğrenci J'nin vermiş olduğu cevapları gösteren tablo.....	191
Tablo 3. 39. Isı ve sıcaklık ile ilgili sorular-2'ye Öğrenci J'nin vermiş olduğu cevapları gösteren tablo.....	192
Tablo 3. 40. Isı ve sıcaklık ile ilgili sorular-3'e Öğrenci J'nin vermiş olduğu cevapları gösteren tablo.....	193
Tablo 3. 41. Madde ve özellikleri ile ilgili sorulara Öğrenci K'nın vermiş olduğu cevapları gösteren tablo.....	202
Tablo 3. 42. Isı ve sıcaklık ile ilgili sorular-1'e Öğrenci K'nın vermiş olduğu cevapları gösteren tablo.....	208
Tablo 3. 43. Isı ve sıcaklık ile ilgili sorular-2'ye Öğrenci K'nın vermiş olduğu cevapları gösteren tablo.....	209
Tablo 3. 44. Isı ve sıcaklık ile ilgili sorular-3'e Öğrenci K'nın vermiş olduğu cevapları gösteren tablo.....	210

Tablo 3. 45. Madde ve özellikleri ile ilgili sorulara Öğrenci L'nin vermiş olduğu cevapları gösteren tablo.....	219
Tablo 3. 46. Isı ve sıcaklık ile ilgili sorular-1'e Öğrenci L'nin vermiş olduğu cevapları gösteren tablo.....	224
Tablo 3. 47. Isı ve sıcaklık ile ilgili sorular-2'ye Öğrenci L'nin vermiş olduğu cevapları gösteren tablo.....	225
Tablo 3. 48. Isı ve sıcaklık ile ilgili sorular-3'e Öğrenci L'nin vermiş olduğu cevapları gösteren tablo.....	226

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa No:
Şekil 1. 1. Sıcaklıkları farklı eşit kütlelerdeki suları gösteren şekil.....	319
Şekil 2.1. Aynı miktarda ısıнын eşit kütlelerdeki sulara verildiğini gösteren şekil.....	322
Şekil 3. 1. Aynı miktarda ısıнын farklı kütlelerdeki sulara verildiğini gösteren şekil.....	324
Şekil 4. 1. Farklı miktarda ısıнын eşit kütlelerdeki sulara verildiğini gösteren şekil.....	326
Şekil 5.1. Aynı miktarda ısıнын eşit kütlelerdeki ancak farklı cinsteki maddelere verildiğini gösteren şekil.....	328

KISALTMALAR VE SİMGELER

Bu çalışmada kullanılan bazı kısaltmalar alfabetik sırayla aşağıda verilmiştir.

Bkz	Bakınız
c	Cilt
Çev.	Çeviren
Ed.	Editör
KE.	Kinetik Enerji
M.A.Ç.K.	Moleküller Arası Çekim Kuvveti
Nu	Numara
p	Page
PE.	Potansiyel Enerji
S	Sayı
s	Sayfa
vol	Volume

Bu çalışmada yer alan simgeler ve açıklamaları aşağıda verilmiştir:

Simge	Açıklama
c	Özısı
C	Isı sığası
d	Özkütle
g	Yerçekimi ivmesi
G	Ağırlık
m	Kütle
V	Hacim
Q	Isı
T	Sıcaklık
ΔT	Sıcaklık farkı
δ	Özağırlık

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Doğa biliminin amacı, olgular hakkında yasalar bulmak ve bu yasaları olguların nedeni olarak göstermek ve böylece olguları açıklamaktır. Bir konu alanının olgulardan, kavramlardan, ilkelerden ve işlemlerden oluştuğu düşüncesi yeni değildir. Felsefe bilim kitaplarında karşılaştığımız bu sınıflamanın, son zamanlarda, bilişsel alanın öğretiminde de önemli bir yer tuttuğu görülmektedir. Örneğin Romizowski (1981), bilgiyi dört düzeyde ele almaktadır: olgular, işlemler, kavramlar ve ilkeler; Armstrong (1980), bilginin yapılandırılması başlığı altında, genellemeleri, kavramları ve olguları saymaktadır; Barth (1983), bir konu alanını olguların, kavramların ve genellemelerin oluşturduğunu belirtmektedir (Aktaran: Coşkun, 1999).

1. 1. 1. Olgular:

İletişimin sağlanabilmesi için belli bir nesneye, duruma, sembole verilen adın herkes tarafından aynı biçimde öğrenilmesi ve kullanılması gerekmektedir. Olgu türündeki bilgilerin olduğu gibi öğrenilmesi zorunludur, bu tür bir bilgi tek bir nesneye, duruma, olaya, yere, sembole ait bilgidir. Olgular, birbirinden farklı ve dağınık olan nesnelerin, durumların, olayların adlarını ve tarihlerini kapsayan bilgi türüdür (Coşkun, 1999). Örneğin “deniz seviyesinde, suya belirli bir miktar ısı verildiğinde, suyun 100 °C’ de kaynaması” bir olgudur.

1. 1. 2. Kavramlar:

Merrill’in de belirttiği gibi “Kavramlar, ortak özellikleri paylaşan ve aynı isimle tanımlanan semboller, olaylar ve nesneler grubudur” (Aktaran: Coşkun, 1999).

Kültürlenme sürecinde, normal bir gelişim gösteren her birey kendi kültüründeki kavramları günlük etkileşimi içinde kazanmaktadır. Edinilen kavram sayısı arttıkça düşünme, kendini ifade etme ve eylemleri gerçekleştirme biçimi de farklılaşmaktadır.

Bilgi üretmek bir süreçtir. Bu süreç; kavramları betimleme, sınıflama ve açıklama basamaklarından ibarettir. Kavramlar da dağınık olan nesnelerin, olayların, durumların belli özelliklerinin dikkate alınarak bir araya toplanması yani sınıflandırılması aşamasına karşılık gelmektedir (Çoşkun, 1999). Kavramsallaştırma sürecinde birbirinden farklı olaylar benzer özellikleri bakımından sınıflandırılır. Örneğin; bir sıvının kaynama süresine etki eden pek çok faktör vardır: Basınç, sıvının içinde bulunan iyon miktarı, sıvının kütlesi gibi. Ancak doğadaki bütün sıvılar ısıtıldığında, bu sıvılarda en hızlı buharlaşmanın gözlemlendiği durumlar (her ne kadar her sıvının kaynama sıcaklığı farklı olsa da) bir sınıf içerisine toplanarak bunlar gruplandırılır. Bu grup, zihinde bir düşünce birimi olarak yer alır. Bu düşünce birimini ifade etmek için kullandığımız sözcük 'kaynama'dır. Böylece kaynama kavramı oluşturulur. Kavramlar gerçek dünyada değil, düşüncelerimizde vardır. Gerçek dünyada kavramların örnekleri bulunur. Bu sebepten, bir kavramın oluşması zihinsel bir işlemdir.

Ormrod, kavramların sağladığı kolaylıkları çeşitli kaynaklardan yararlanarak şöyle belirtmektedir (Aktaran: Çoşkun, 1999):

- a)Kavramlar, dünyanın karmaşıklığını azaltır,
- b)Kavramlar, yeni durumlara genelleme yapma olanağı verir,
- c)Kavramlar, çevrenin soyutlanmasına olanak verir,
- d)Kavramlar, düşünme gücünü artırır,
- e)Kavramlar arasında karşılıklı ilişkiler kurulabilir.

Martorella kavram türlerini sınıflandırmıştır (Aktaran: Çoşkun, 1999). Bu sınıflama sistemlerinden bazıları şu şekildedir:

A-Somutluk derecesine göre: 1.somut, 2.soyut

B-Öğrenildikleri kaynağa göre: 1.formal, 2.informal

Bir olay yada nesne ile onun dilde verilen ismi arasındaki bağın keyfi olmasına karşın, kavramla nesne yada olay arasındaki bağ keyfi değildir. Yani kavramsallaştırma, nesnenin yada olayın bütün özellikleri ile ilgilidir. Kavramları tanımlamada, kavramların farklılıklardan da yararlanır.

Bilginin oluşumu sürecinde, kavramlar arasındaki ilişkiler kurularak ilkeler elde edilir.

1. 1. 3. İlkeler:

İlkeler, olgulara ve olaylara neden-sonuç ilişkisi içerisinde açıklama getiren bilgilerdir. İlkeler genellemelerdir ve bu genellemeler bir disiplin içinde kavramlar arasındaki ilişkileri tanımlar. Bu durumda ilkeler, bir ilişkiyi vurgulayan “önergeler” olarak tanımlanabilir ve doğruluk veya yanlışlık bildirir (Çoşkun, 1999). Örneğin “sıcaklık” bir kavramdır, doğruluk veya yanlışlık bildirmez. “Isınan maddelerin her zaman sıcaklığı artar” ifadesi ise bir önermedir, doğru veya yanlış olabilir.

Deneyimlerimiz sonucunda nesneleri, olayları ve düşünceleri gruplandırma sonrasında elde ettiğimiz düşünce birimleri arasında ilişki kurulmaz ise bunlar, birbirinden bağımsız bir biçimde depolanırdı ve bu durum olguları anlamamızda bize yardımcı olamazdı. İlkeler, kavramlar arası ilişkileri betimlediği için bir disiplin içinde bilginin düzenlenmesine yardım ederler (Çoşkun, 1999).

1. 2. Fen’i Öğrenme

Öğrenme, öğrencilerin yeni kavramlar kazanmaları ile birlikte, sahip oldukları kavramlar arasındaki ilişkileri geliştirme süreci olarak tanımlanabilir. Kavramsal gelişim, öğrencilerde farklı oranlarda meydana gelen kişiye özgün bir süreçtir.

1970'lerin başlarında, fen eğitimindeki araştırmalar, belirli fen alanlarında öğrencilerin düşünmelerinin arkasında yatan gerekçe olan kavramsal modellere odaklanmaya başlamıştır. Araştırmacılar, öğrencilerin belirli doğal olayları kavramsallaştırma yollarını araştırmak ve tanımlamak için görüşme ve çeşitli yorumlama tekniklerini kullanmışlardır (Driver, 1989). Daha sonra araştırmacıların ilgisi, öğrencilerin fen kavramlarına ait anlama eksikliklerini bulmaya doğru kaymıştır.

Anlamli öğrenmenin, bir bilgi sisteminin yapısal organizasyonu ile ilgili olduğunun farkına varılmıştır. Bu bilgi sisteminde kavramlar, anlamalarını ilgili teorilerden alır. Kavram haritalama ve anlamsal ağların açıklanması gibi metotlar, öğrenenlerin bilgi temellerini araştırmak için geliştirilmiştir (Driver, 1989).

1990'lı yıllarda öğrencilerin sınıfa öğretilecek fikirlerden farklı olabilen ön kavramlarla geldiği; bu kavramların, ileriki öğrenmelere etki ettiği ve bu ön kavramların değişim için direnç gösterebileceğine işaret eden çok sayıda makale yayınlanmıştır.

Araştırmacıların, öğrencilerin sahip olduğu fen kavramlarına ait ilgisinin artmasının en önemli nedeni; bulguların, öğretme işinin kalbini oluşturan anlama ve iletişim problemlerini aydınlatması; fen eğitimcilerinin ve öğretmenlerin ilgilerine doğrudan hitap etmesidir (Gilbert ve Swift, 1985; Carey, 1986).

1. 3. Kavram Çarkı

Kavram sınıflandırma, görsel olarak belirgin bir yol içinde düşünceler, kavramlar, olaylar, yapılar veya prosedürler gibi elemanları ortaya çıkarmada, sınıflandırmada, düzenlemede veya yeniden tanzim etmede basit, bir o kadar da güçlü bir yoldur. Elemanlar arasındaki ilişkiler, aralarında yakınlığın kurulmasıyla veya onların yapılarının ifade edilmesi ile tanımlanabilir. Küçük kare şeklindeki kağıtlara veya kartonlara elemanları içeren kavram sınıfları yazılır ve bunlar yakınlık

derecelerine göre yan yana konur. Eğer bunlar arasındaki ilişkiyi açıklayan veya bunların yapılarına işaret eden hatlar çizilir ise, “kavram haritası” yapılmış olur (Lawless vd., 1998).

Kavram sınıfları arasındaki ilişkilerin belirtilmesiyle elde edilen kavram haritaları ile kavram sınıflandırma; kullanım alanları ve uygulandıkları birey sayısı bakımından birbirinden farklılık gösterir. Kavram sınıflandırma, genellikle iş hayatında ve kamu yönetiminde grup olarak karar verme ve planlama amacıyla kullanılmaktadır. Kavram haritaları ise eğitimde bireylerin öğrenmelerini ölçme ve değerlendirmede kullanılmaktadır. Pek çok araştırmacı, kavram haritalarının öğrenmeyi ölçme, değerlendirme ve artırmada etkili olabileceğini savunmuştur (Champagne vd., 1981; Wallace ve Mintzes, 1990; Starr ve Krajcik, 1990; Edmondson, 1995; Lawless, 1994).

Eğitimde kullanılan kavram haritalarından en dikkate değerleri; “kavram haritası” (Novak, 1990a, 1990b), “anlamsal ağ” (Stewart, 1980; Jonassen ve Cole, 1993), “ağ” (Holley ve Dansereau, 1984), “harita” (Armbruster ve Anderson, 1980) ve “bilgi haritası”dır (McCagg ve Dansereau, 1991). Bunların tümü; kavramlar, konular vb. gibi elemanların ve bunlara ait ilişkilerin iki boyutta gösterilmesi ile tanımlanmaktadır (Aktaran: Lawless vd., 1998).

Kavram haritaları eğitimde sıkça kullanılmaktadır. Eğitimde kullanılan kavram haritaları için kavram haritalarının; bilginin öğretimsel gösterimi, zihinsel yapıdaki ibareleri değerlendirme aracı, müfredat düzenleyici ve anlamının göstergesi şeklinde dört fonksiyonu tanımlanmıştır (Lawless vd., 1998).

Bu çalışmada, öğrencilerin kavramları sınıflandırmasına ve kavramlar arasındaki ilişkiyi yazmalarına dayalı olan “kavram sınıflandırması” ve “kavram çarkı” etkinlikleri geliştirilerek kullanılmıştır.

Kavram çarkının, fizik bilgilerinin yapılandırılması sonucundaki görünümünün araştırılmasında, tanımlanmasında ve karşılaştırılmasında etkili

olabileceği düşünülmüştür. Kavram çarkı, öğrencilerin kavramlar arasında kurdukları ilişkileri açığa çıkartmak için kullanılır. Kavram çarkı, öğrencilerin sadece bildiklerinin miktarını değil, aynı zamanda kavramlar arasındaki ilişkilerin hangi doğrulukla tanımlandığını da göstermektedir. Kavram çarkı, bir kavram ile diğer kavram arasındaki ilişkinin doğru bir şekilde nasıl ifade edildiğini bildirirken; diğer taraftan da öğrencinin kavramlar arasında kurmaması gereken, eğer ki kuruyorsa öğrencinin nerede yanlış, bir anlama geliştirdiğini göstermesi açısından da önemli bir göreve sahiptir. Kavram çarkına bakılarak, öğrencinin pek çok yanlış algılaması da teşhis edilebilmektedir.

Kavram çarkı, bir dairenin kavram sayısı kadar dilimlere bölünmesiyle ve her bir dilime, bir kavram isminin yazılmasıyla oluşturulmaktadır. Her dilime (yani her bir kavrama) bir numara verilir. Öğrencilerden, ilişkili olduklarını düşündükleri kavramları tespit etmeleri ve kavramları ifade eden numaraları belirttikten sonra bunlar arasında nasıl bir ilişki olduğunu kendilerine dağıtılan kağıtlara yazmaları istenir. Öğrencilerden kavramlar arasındaki ilişkileri veya kavramların içinde geçtiği matematiksel ifadeleri anlatan cümleler yazmaları istenmiş olmasına rağmen; bazı öğrencilerin, örneğin kütle ve yoğunluk kavramları arasındaki ilişkiyi tanımlamak için “ $d=m/V$ olduğundan” gibi sadece matematiksel ifadeleri kullandıkları gözlenmiştir.

Bir öğrencinin, bir kavram ile diğer kavramlar arasında fizik ilkeleri açısından doğru olarak kurduğu ilişkilerin sayısı ne kadar çok ise bu durum, öğrencinin o kavramı ne kadar güçlü anladığının önemli bir göstergesidir. Eğer öğrenci, bir kavramın diğer kavramlarla olası hiçbir ilişkisini kuramamış ise bu kavram, o öğrenci için anlamsızdır.

Kavram çarkının en büyük avantajı, hazırlanmasının ve uygulanmasının kolay olmasıdır. Aynı anda pek çok öğrenciye kolaylıkla uygulanabilir. Buna karşılık kavram çarkının dezavantajı, uygulama süresinin uzun olmasıdır. Sadece kavramlar arasındaki ilişkileri cümle şeklinde yazmalarına dayalı olmasından dolayı öğrenciler için sıkıcı olabilmektedir.

Kavram çarkı, kavramlar arasındaki bağlantıları ortaya koyması bakımından kavram haritaları ile aynı işlevi görür. Ancak aralarında önemli farklılıklar vardır. Kavram çarkı, kavram haritalarına göre daha kontrollüdür. Kavram haritaları, öğrenci grupları ile de yapılabilmesine karşın kavram çarkı bireysel olarak uygulanan bir yöntemdir. Kavram haritaları gruplar halinde yapılabilmesinden dolayı, tartışma ortamı yaratarak, öğrencilerin görüşlerinin formal fen görüşlerine doğru gelişmesine yardımcı olurken; kavram çarkındaki kavramlar arası ilişkiler bireysel ortaya konulduğundan tartışma ortamı yaratmaz ve bu nedenle öğretim tekniği olarak etkisi daha azdır.

Kavram çarkındaki ilişkili kavramların bulunması, “Kelime İlişkilendirme Tekniği”ne benzemektedir. Kelime ilişkilendirme; verilen anahtar kelimeye, öğrencilerin ilişkili olduklarını düşündükleri ve kendilerine çağrışım yapan başka birer kelimelik cevaplar vermelerine dayalı olan bir tekniktir. Kelime ilişkilendirmede öğrenciler verilen anahtar terim için istedikleri sayıda akıllarına gelen başka tek kelimelik cevapları özgürce verir.

Atasoy (2002), kelime ilişkilendire tekniğinde yapılan tek önemli iyileştirmenin; öğrenci tarafından verilen herbir cevap için, o cevapla anahtar kelime arasındaki bağlantıyı gösteren bir cümleinin öğrenci tarafından yazılması olduğunu belirtmiştir. Kelimeler arasındaki ilişkilerin yazılması; bu çalışmada kullanılan kavramlar arasındaki ilişkilerin bulunup daha sonra bu ilişkileri betimleyen cümlelerin yazılmasına benzemektedir.

1. 4. Kavram Sınıflandırma

Kavram sınıflandırmanın ve kavram haritasının kullanılmasına ve bunlarla ilgili yöntemlere ait literatür taraması; bunların özellikle Amerika Birleşik Devletleri’nde eğitimde, iş alanlarında ve kamu yönetiminde (daha çok sosyal çalışmalarda) geniş bir biçimde kullanıldığını gözler önüne serer.

Kavram sınıflandırma; çeşitli seviyelerde iş ve kamu yönetiminde planlama ve karar verme sürecinde kullanılmaktadır.

Hodgson (1992), bir çeşit kavram sınıflandırma olan sekizgen şeklindeki kağıtları kullanarak, bu kağıtların temsil ettiği kavramların yan yana getirilmesi ile kavramlar arasındaki ilişkilerin kurulmasını; bellek kapasitesi, bilişsel stil, yaratıcılık ve doğal yeteneklilik ile ilişkilendirdi.

Kamu yönetimi alanında, sosyal servislerdeki karar verme için ayrıntılı kavram sınıflandırma süreçleri Trochim ve arkadaşları (1989a, 1989b) tarafından ortaya konuldu. Bu derin ve geniş çalışmaya “Evolution and Program Planning (vol 12, no:1, 1989)” adlı derginin özel sayısında yer verildi. Bu yaklaşımın ana basamakları şu şekildedir (Trochim, 1989a):

1. Hazırlık : katılımcıları seçme ve amacın belirlenmesi
2. Konunun Belirlenmesi : beyin fırtınası
3. Konunun Yapılandırılması : sınıflandırma ve değerlendirme
4. Konunun Gösterimi : haritaların hesaplanması
5. Haritaların Yorumlanması : grupların belirlenmesi
6. Haritalardan Yararlanılması : değerlendirme ve planlama açısından.

Bu araştırmada, yukarıda belirtilen basamaklardakine benzer bir sürecin fizik eğitiminde de kullanılabileceği düşünüldü ve öğrencilerin “madde ve özellikleri” ve “ısı ve sıcaklık” konularına ait kavramları nasıl sınıflandırdığı incelendi.

Öğrencilere “madde ve özellikleri” ve “ısı ve sıcaklık” konularına ait kavramlar liste şeklinde verildi. Öğrencilerden daireler çizerek, bu kavramları isterlerse bir kereden fazla da kullanabilecekleri söylenerek, daireler içine yerleştirmeleri ve her daireye o sınıfı tanımlayan bir isim vermeleri istendi. Bu etkinlik sırasında; öğrencilerin yoğun bir düşünme gayreti gösterdikleri gözlenmiştir. Birbirleri ile ilgili kavramlar hazır olarak liste şeklinde verilirken bunların içine hiç

de ilgisi olmayan bazı kavramlar yerleştirildi. Bu kritik kavramların öğrenci tarafından nasıl değerlendirildiği tespit edilmeye çalışıldı.

1. 5. Çalışmanın Dayandığı Temeller

1. 5. 1. Öğrenme

Öğrenme, Petri ve Niedderer (1998) tarafından, bilişsel sistemin sabit elemanlarındaki değişim şeklinde tanımlanmıştır (Aktaran: Taber, 2001). Bu çeşit değişim kullanım açısından iki kategori olarak düşünülebilir (Vosniadou, 1992, 1994; Duit vd., 1998).

Birinci kategori, kabul edilen fikirlerde küçük modifikasyonlar şeklinde görülebilen artan değişimleri içermektedir. Daha karmaşık olan ikinci kategori ise, öğrenciler tarafından uygulanan temel açıklayıcı şemalardaki değişimleri içermektedir. Kavramsal değişimdeki bu iki kategoriyi birbirinden ayırmak için çeşitli terimler kullanılmıştır; ancak pek çok araştırmacı Piaget'in asimilasyon ve yerdeğiştirme terimlerini kullanmıştır (Dykstra vd., 1992; Pintrich vd., 1993). Piaget'in bakış açısına göre; mevcut kavram yapısının dengesiz, yetersiz ve uyumsuz olduğunun fark edilmesi, değişim için yeterli bir motivasyon olarak görülebilir.

Çocukların, olgular hakkında hipotezler üretmelerine dair doğal bir eğilimleri olduğu işaret edilerek; öğrencilerin, bir bilim adamı olduğu kanısı yaygınlaşmaktadır. Ancak bir öğrenci ile bir bilim adamı arasındaki farklılık; bir kavrama, o kavram ile ilgili daha fazla ya da az fen yorumu yükleyebilmesidir (Mortimer, 1995).

Bir çok öğrencinin okulda fen dersi ile karşılaşmadan önce, fen müfredatının içermediği fen konuları hakkında değerli bilgilere sahip olduğu kabul edilmektedir. Bu öğrencilerin sahip oldukları fen görüşleri ile okulda gösterilen fen programı arasında etkileşim olduğu zaman pek çok olumlu sonucun ortaya çıkabileceği kabul edilmiştir (Gilbert vd., 1982). Bazı bilim adamları, formal müfredatta karşılaşılan

fene ait bilgileri, çocukların sahip oldukları fen görüşlerinden farklı bir bilişsel yapı alanında sakladıklarını düşünmektedir. İlk kavramlar olarak da isimlendirilen bu öğrenci görüşleri, bilimsel olarak kabul edilmiş görüşlerle uyuşmadığı zaman “kavram yanılgıları” olarak nitelendirilir. Başla bir ifade ile; kavram yanılgıları, bilimsel olmayan ilk kavramlardır (Cansüngü Koray ve Bal; 2002). Yapılan bu araştırmada, öğrencilerin “ısı ve sıcaklık” konusu işlenmeden önce, ısı ve sıcaklık ile ilgili bazı bilgilere sahip olarak sınıfa geldikleri gözlenmiştir. Günlük hayattaki sıcaklık ölçümlerinde, Türkiye’de yaygın olarak Celsius ölçeği kullanılmasına karşın, dersin işlenişi sırasında sıcaklık ölçeklerine öğrenci tarafından ev termometresi ve Celsius termometresinin örnek verilmesi, bu iki termometrenin öğrenci tarafından farklı olarak algılandığını gösterir. Aynı durum kütle, hacim ve ağırlık kavramları için de geçerlidir. Buna verilebilecek en belirgin örnek; kütle ile ağırlığın öğrenci tarafından karıştırılmasıdır. Çünkü bir öğrenci günlük yaşamında bir cisme hitaben “ağırlığı nedir?” sorusuna, onun kütlesi ile cevap vermektedir.

Öğrenme, basit ve karmaşık olmak üzere iki süreci içermektedir. Bu iki süreçten basit olanında, bir insan, mevcut bilgi temeline bilginin bazı elemanlarını kolayca katabilir. Bu, kişinin mevcut olan düzenlenmiş bilgi bölümlerinin içerisine yeni elemanın anlamlı bir biçimde birleştirilmesi ile veya yeni eleman, mevcut bilgiler ile ilişkilendirilmeden basitçe hatırlanmaya çalışılarak ezber yoluyla yapılabilir. (Herhangi bir yeni bilgi elemanının, mevcut bilgiler ile ilişkilendirilmeden hafızada uzun süre saklanması ihtimal dışıdır, eğer ki bazı önemsiz ilişkiler kuruluyorsa kısa bir süre saklanabilir.) Karmaşık olan diğer öğrenme süreci; kişinin mevcut bilgilerini, yeni bilgisini yerleştirmek için değiştirmesini gerektirir. Bu çeşit yerleştirme, kişinin bilgi temelindeki bazı kavramların gözden geçirilmesini veya silinmesini gerektirdiğinden ezber yolu ile yapılamaz (Maloney ve Siegler, 1993).

Öğrenci bir konuya çalıştığı zaman; öğrenme, bilgi temelindeki mevcut elemanlara yeni elemanları katmayı ve bilgi temelindeki elemanları değiştirmeyi veya bunlardan sadece birini içerir. Yeni bilgi elemanları, bu bilgi temeline iyice oturmazsa; öğrenci, yeni elemanlarını bilgi temeline yerleştirmek amacıyla bilgi

temelini yeniden yapılandırmak için zaman ve efor harcamalıdır veya öğrenci, her bir yeni bilgi elemanını uzun süreli belleğinde izole edilmiş elemanlar gibi tutmayı denemelidir. Eğer öğrenci, daha sonra gördüğü bilgileri benimserse muhtemelen sadece belirlenmiş bir sıra ile uygulanan ve yürütülen komutlar dizisini (algoritma) ezberleyerek bir string yapılandırıyorur.

Öğrenci bir problemle karşılaştığı zaman, bilgi temelini problemin bir tasvirini yapmak için kullanır. Bu işlemten sonra, öğrenci problemi çözmek için seçim yapabileceği pek çok uygun seçeneğe sahiptir. Öncelikle, problemin ilgili olduğu konuya doğrudan uygulayabileceği herhangi bir algoritmayı arar. Eğer bu çeşit algoritmalar bulunursa öğrenci, bunlar arasından en iyi uygulanabilir olduğuna inandığı bir tanesini seçer. Öğrencinin tasviri hızlıca yapılandırmasına ve bir algoritmayı örneklerin büyük bir kısmına uygulamasına yönelik herhangi bir görev, artık gerçek bir problem değildir. Bu durum, o birey için bir bellek alıştırmasıdır (Maloney ve Siegler, 1993).

Bir tasvirin yapılandırılmasından sonra; eğer öğrenci, herhangi bir algoritmayı teşhis edemiyorsa veya bir tanesinin probleme uygulanma sonuçları yeterli değilse, bundan sonra öğrenci, bir kavramsal inceleme yapmaya ihtiyaç duyar. Bunu yaparken probleme uygulayabileceğine inandığı kavramları düşünmek, en uygun olduğuna inandığı bir kavramı seçmek ve bundan sonra bunu nasıl uygulayacağına karar vermek zorundadır. Bu süreç, problem çözme olarak adlandırılır.

Kempa ve Nicholls (1983) yapmış oldukları çalışmaya dayanarak, soyut kavramlara ait anlamaları geliştirme ile öğrencilerin problem çözme yetenekleri arasında yakın bir ilişkinin bulunduğunu önerdiler. Kempa ve Nicholls (1984), iyi problem çözücülerin bilişsel yapılarının, daha zayıf problem çözücülerinkine göre daha karmaşık ve daha fazla bileşen içerdiğini gösterdiler (Aktaran: Dumbrill ve Birley, 1987). Dumbrill ve Birley (1987) ise yaptıkları çalışmada, öğrencilerin problem çözme yeteneği ile Piaget'in gelişim seviyeleri arasında ilişki olduğunu

buldular. Ronning ve arkadaşları (1984), ‘alan bilgisi’ nin problem çözme yeteneğinin önemli bir göstergesi olduğunu vurguladılar.

Bachelard, bilginin ve bilmenin yapısıyla ve bilme süreciyle ilgili olarak “bilimsel bilginin oluşumu görüşünü” ortaya atmıştır. Bu görüş, bir bilim adamının farklı problem durumlarına değişik biçimlerde uyguladığı bir fen kavramına ait pek çok farklı anlamaları bilişsel yapısında tuttuğunu kabul eder (Aktaran: Taber, 2001). Öğrencilerin sınıfta öğrendikleri fen kavramlarına ait yorumları veya önceden sahip oldukları alternatif kavramları uygulayıp uygulayamamalarının, bilginin elde edildiği içeriğe bağlı olabileceği önerilmektedir (Driver ve Easley, 1978; Viennot, 1985; Driver ve Oldham, 1986; Dumbrell ve Birley, 1987; Bliss vd., 1988; Hennessy, 1993; Maloney ve Siegler, 1993). Taber’e (2001) göre; kavramsal gelişim, öğrenciye ait bilginin ve bilmenin yapısındaki ve bilme sürecindeki değişimi ima eder ve fen eğitimcilerinin görevi bu çeşit bir değişimi kolaylaştırmaktır.

1. 5. 1. 1. Kavramsal Değişim

Öğrencilerin fen öğrenimi, yeni bir teorinin bir önceki teori ile sürekli olarak yer değiştirdiği süreci içermektedir. Teori değişim görüşü, Carey (1985) tarafından önerilmiştir. Carey, öğrencilerin kavramlarına ait ‘zayıf yapılandırma’larını içeren kavramsal değişim ile ‘köklü yeniden yapılandırma’ları arasındaki farkı ortaya koymuştur. Carey bu ayrımı, bir kavramsal yapının; kişisel kavramlar, bunlar arasındaki ilişki ve kavramların açıkladığı olgu alanları gibi pek çok açıdan farklı olan diğer bir kavramsal yapı ile yer değiştirmesi şeklinde gerçekleşen süreci inceleyerek yapmıştır. Ayrıca bu ayrım West ve Pines (1985) tarafından “kavramsal gelişim” ve “kavramsal değişim” terimleriyle, Rumelhart ve Norman (1981) tarafından “ekleme” ve “yeniden yapılandırma” terimleriyle de ifade edilmiştir (Aktaran: Driver, 1989).

Gilbert ve Watts (1983) kavramsal değişim için alternatif yollar düşündüler. Bir görüş (perspektif), ki bu William James (Calvin)’e dayanır, evrimin gelişimine

(örneğin Darwin) benzemektedir. Bu görüş, fen kavramlarının tarihsel gelişimine uygulanmıştır. Bu modelde sürekli kavram üretimi söz konusudur. Bu kavramlardan bazıları (problem çözmede başarılı olanlar) seçilerek elde tutulur iken bu arada pek çoğu da atılır. Eğer ki; var olan bir görüşün değiştirilmesinden dolayı elde edilen fayda, değişim için harcanan bedelden daha ağır basana dek bu görüş elde tutuluyorsa, buna dayanarak bir öğrencinin düşüncelerindeki daha radikal değişimler açıklanabilir.

Kavramsal değişime ait evrim görüşü, Darwin'in ortaya attığı türlerin doğal seçilimi teorisine benzerlik gösterir. Öğrencilerin, pek çok fen kavramları için birbiri ile yarışan kavram kümelerine sahip oldukları farz edilebilir. Bu, kavramsal gelişimin görelî durumudur. Bu açıklanacak olursa; seçilen kavramsal şemalar, bazı durumlarda en iyisi değildir; ancak bu şemalar, öğrencinin zihnindeki en uygun olanıdır (Taber, 2001).

Strike ve Posner'ın da önerdiği gibi “Anlama, kavramsal ekoloji içinde uygun bir yer bulmak demektir” (Aktaran: Taber, 2001). Bir öğrencinin kavramsal ekolojisi öğrenmeyi yapılandırır ve bu kavramsal ekolojinin analogiler ve mecazlar, numuneler ve imgeler, motivasyonlar ve amaçlar, kategoriler, açıklayıcı fikirler, mantığa dayalı düşünceler ve yarışan kavramlar gibi özellikler içerdiği düşünülür (Hewson ve Hewson, 1984; Pintrich vd., 1993).

1. 5. 1. 2. Kavramsal Gelişim

Kavramsal gelişim, kısaca öğrencinin seçtiği ve tercih ettiği pek çok açıklayıcı alternatif ilkeler içindeki tedrici değişim şeklinde tanımlanabilir. Kavramsal gelişim, alternatif açıklayıcı modellerin oluşumu, gelişimi ve evrimleşmesini; açıklamalar ve önceden kestirimler için alternatiflerin en iyi temel oluşturması açısından güvenilir duruma gelmesindeki tedrici değişimi anlatan, uzun dönemli bir süreç şeklinde düşünülebilir. Bir kavram, açıklayıcılık yönünden diğer kavramlardan daha uygun ve daha fazla kullanılma eğiliminde olabilir; bundan

dolayı bu kavram, daha iyi anlaşılır ve bu nedenle uygulama açısından daha anlamlı ve kolay görünüme sahiptir. Öğrencinin sahip olduğu belirli bir şema, başarılı bir biçimde kullanılıyorsa bu şema ileriki öğrenmelerde de ilk olarak dikkate alınacak ve kullanım açısından ilk olarak değerlendirilecek şemadır. Bu nedenle belirli bir şemanın başarılı biçimde kullanımı, bu şemanın ileride kullanımı için pozitif yönde bir geri besleme sağlayacaktır. Öğretmenin savunduğu fikirler ile karşılaştırdığı düşüncelerini ortaya çıkartması ve tartışması için öğrenciye uygun fırsatlar verilirse, öğrenciye ait bilginin ve bilmenin yapısı ile bilme süreci, bilimsel görüşe doğru değişebilir. Öğrenciye verilecek fırsatların tümü, öğretmenin gelişmesini istediği şemaların başarılı bir biçimde kullanılmasını sağlamayacaktır. Öğrencinin, öğretmenin savunduğu fikirleri uygulamada başarısız olması ise negatif yönde bir geri besleme sağlayacaktır (Taber, 2001).

Maloney ve Siegler'e göre (1993) kazanılan bilgi en az 3 çatı içinde kavramsallaştırılabilir.

Birinci çatı içinde; bilginin kazanma süreci, ilgili fizik kavramlarının yokluğundan mevcudiyetine doğru bir değişimi içerir. Bu nedenle öğrenci, önceden sahip olmadığı bir kavramı ders sırasında kazanabilir.

İkinci çatıda; kazanma süreci, fiziğe ait olgular ile ilgili sezgisel anlamalardan, fizik ilkeleri ile tutarlı anlamalara doğru değişimi içerir. Örneğin bu durum; öğrencinin günlük hayattan sezgisel olarak öğrendiği sıcaklık kavramından ders sonunda öğrendiği ve moleküllerin ortalama kinetik enerjilerine dayanarak açıkladığı sıcaklık kavramına doğru değişimi ifade etmektedir.

Üçüncü çatıda ise; öğrenci, başlangıçtaki çeşitli sorunlu anlamalar ile yer değiştirmek yerine bunlar ile yarışan ve birlikte oluşabilen ilgili kavramların pek çok farklı anlamaları ile derse gelebilir ve dersten ayrılabilir. Örnek olarak, fizik dersinin başlangıcında bir öğrenci, bir maddenin sıcaklığının değişmesinin hangi özelliklerden etkilenebileceğine dair bir kısmı nitelikli ve ayrıntılı açıklamalar getiren; diğer kısmı gelişmemiş olan çeşitli sezgisel anlamalara sahip olabilir. Dersin

sonunda formal fizik kavramlarından; maddenin özellikleri, ısı ve sıcaklık kavramlarına ait anlamalar eklenebilir. Yine de bu süre içinde bu fen kavramları, baştaki sezgisel anlamalar ile yer değiştirmek yerine, birlikte var olabilir.

Maloney ve Siegler, öğrencilerin fizik bilgilerini kazanma sürecini en iyi 3. çatının tanımlayabileceğini iddia etmiştir. Çok sayıdaki farklı anlamalar ve stratejiler arasındaki yarışma açısından öğrenme görüşü; aritmetik (Siegler, 1988), örnek problem çözme (Gentner ve Toupin, 1986), heceleme ve okuma (Jorm ve Share, 1983), dil öğrenimi (MacWhinney, 1989), kavram oluşumu (Rumelhart vd., 1986) ve hatırlama (MacGilly ve Siegler, 1989) gibi alanlardaki bilişsel gelişimin kavramsallaşmasına ait yaygın bir yol olmaya başlamıştır (Aktaran: Maloney ve Siegler, 1993). Başta Kaiser ve arkadaşları (1986) olmak üzere bazı araştırmacılar, alternatif kavramların da düzenli ve sistematik olduğunu söylemiştir. Benzer şekilde Halloun ve Hestenes'e göre (1985), "İlk defa fizik dersine başlayan her öğrenci, fiziğe ait olgular hakkında sezgiler ve inançlar sistemine sahiptir". McDremott, "ön kavramlar" şeklinde adlandırdığı öğrencilerin ilk kavramlarının genellikle biraz belirsiz ve birbirinden ayırt edilemez olduğunu ifade etmiştir (Aktaran: Maloney ve Siegler, 1993).

Eğer öğrenciler kavramlar arasında yarışan yaklaşımı kullanıyorlarsa, bunun ortaya çıkmasının bir nedeni; mevcut bilginin, yeni bilginin kazanılması üzerine genel etkisidir. İnsanların mevcut bilgilerinin tam olarak tanımlanması, mevcut bilgi üzerine kurulan ve buradaki yetersizlikleri düzeltmeye odaklanan öğretim teknolojisinin tasarlanması için bir temel oluşturur. İkinci ve daha belirgin bir sebep olarakta, fizik kavramlarının öğrenilmesinden kaynaklanan zorlukları içermesi gösterilebilir. Öğrenciler sürekli olarak yoğun bir şekilde fizik dersi alsa bile, temel kavramları yanlış uygulayabilir. Özel durumlara ait öğrenci gösterimlerinde hangi kavramın diğerleri ile yarıştığı araştırılarak, öğrencinin her bir fizik kavramını uygulamasına karar veren kritik değerleri anlamasına yardımcı olunarak doğrudan öğretim verilebilir (Maloney ve Siegler, 1993).

White, “bir kişinin bilgi temeli, pek çok elemandan meydana gelir” şeklinde tanımlamaktadır. Bu elemanlar; White’ın “tamamı değişmez formda olan kelime ya da sembollerin bütün olarak sırası” şeklinde tanımladığı string ile; duyuların bellekleri olan imajlar, bir olayın belleği olan episodlar, zihinsel beceriler, önermeler, motor beceriler, veya bilişsel stratejiler ve bunların ilişkilenmiş geniş elemanları arasında uzayıp gitmektedir. Bu bilgi temeli kişinin doğumundan beri yapılandırılmaktadır ve bu elemanlar o kişi için özel bir biçimde düzenlenmektedir. Doğal olarak; özel bir organizasyon içindeki pek çok eleman, diğer kişilerin de paylaştığı yollar içinde düzenlenebilir (Maloney ve Siegler, 1993; Atasoy, 2002).

Quillian, bellek modelleri ile doğrudan ilgili çalışmaların, öğrenmeye ait bilişsel psikoloji ve bilginin işleme yaklaşımından türetildiğini düşünmüştür. Quillian, bu modellerin temellerinde; bilgilerin, insan zihninde “şema” veya “önerme ağları”, örneğin, bir bağ içinde ilişkilenmiş iki “yumru” veya kavramlar, şeklinde düzenlenmesi ile oluştuğu görüşünün var olduğunu iddia etmektedir (Aktaran: Lawless vd., 1998).

Ausubel vd.’nin de belirttiği gibi, “Eğer tüm eğitim psikolojisini bir prensibe indirmek zorunda olsaydım, öğrenmeye etki eden en önemli faktörün, öğrencilerin önceden bildikleri olduğunu söyledim. Bunu araştırır ve öğrenciye buna göre eğitim verirdim” (Aktaran: Lawless vd., 1998).

Bu görüş şu anlama gelir: Kavramlar, diğer kavramlarla birleştğinde anlam kazanır. Yeni kavram, bellekte var olan kavramlar ile ilişkilendirilirse ve bir yapıda düzenlenirse anlamlı hale gelir. Ausubel bunu “sınıflandırma”, “hiyerarşik yapılandırma” (kavramların düzenlenmesi gibi), “gelişen farklılaşma” (bilgi yapısına daha fazla detayın eklenmesi gibi) ve “bütünleştirici uzlaşım” (kavramlar arasında daha fazla ilişki kurulması gibi) şeklinde adlandırmıştır (Lawless, 1998).

Yöntemlerdeki farklılıklar, çocukların kavramlarının yapısı ve doğası hakkında ortaya farklı iddiaların atılmasına neden olmaktadır. Bir görüş, çocukların kavramlarının gerçekten teori benzeri olduğudur. Bu “teori benzeri” yapı, kendisi

içinde tutarlı bir yapıya sahiptir ve farklı içeriklere tutarlı şekilde uygulanır. Bu görüş, McCloskey (1983) ve Carey (1985) tarafından önerilmiştir. Bazı çalışmalar (Vosniadou ve Brewer, 1989), bu görüş için oldukça güçlü destekler sağlar iken; diğer çalışmalar (Engel Clough ve Driver, 1986), daha şüphe götürür niteliktedir (Aktaran: Driver, 1989).

Bazı araştırmacılar; bir öğrencinin pek çok farklı kavramı bir kavram alanına uygulamasının, öğrencilerin düşüncelerinin teori benzeri olmadığını; ancak tutarsız, parçalı ve teori sınırına yakın olduğunu iddia etmişlerdir. Ancak Taber (2000), böyle durumlarda, öğrencilerin her biri kalıcı, birbiriyle tutarlı ve belirli doğal olaylara uygulanan çeşitli kavramlara sahip olabileceklerini önermektedir.

Bazı araştırmacılar ise; öğrencilerin düşüncelerinin, teoriler şeklinde de adlandırılabilen, tek bir yapıdan veya az sayıdaki birleşmiş yapılardan daha ziyade oldukça geniş sayıdaki parçaların bir araya gelmesinden oluştuğunu ve fen anlamalarındaki değişimin, bu şemalardaki sistematik organizasyonu gerektirdiğini önermektedir (Driver, 1989).

Bazı araştırmacılar; araştırma bulgularını, “öğrencilerin düşünceleri tutarsız ve çelişkili, parça parça ve kaybolma eğilimindedir” şeklinde yorumlamaktadır (Hennessy, 1993; Linder, 1993; Solomon, 1984; Viennot, 1979, 1985). Solomon, Edwards ve Mercer; araştırma sonuçlarını, bazen öğrencilerin araştırmacının sorularına sosyal baskıdan dolayı basitçe cevap verdiklerini ve bundan dolayı öğrencilerin algılamalarının parçalı olduğunu ima ederek yorumlamaktadır (Aktaran: Taber, 2000). Johnson ve Gott (1996), öğrencilerin “sahip olacakları fikirlerin” benzer durumları açıklayan herhangi bir cevap için yeterli bir temel oluşturmadığını varsaymaktadır.

Claxton, araştırması sırasında öğrencilerden mülakat yolu ile elde ettiği bilgilere dayanarak bu bilgileri, “parçalı ve bölgesel” ve bazen özel deneyimlere, zor durumlara veya ihtiyaçlara cevap vermek için gelişen “mini teori”lere işaret ediyor şeklinde yorumladı. BouJaoude, yanma konusu hakkındaki düşünceler üzerine

yaptığı araştırmada, öğrenci düşüncelerinin “parçalanmış, tutarsız ve göreve özel” olduğu sonucuna vardı. BouJaoude’nin de belirttiği gibi “Bu öğrencilerin anlamaları; parçalı, tutarsız ve gözledikleri olayların görülebilir yönlerine dayanır. Öğrencilerin yanan maddeler ile ilgili gözlemlerine ait anlamalarının derinlemesine olmaktan ziyade yüzeysel olmasından dolayı, öğrencilerin bu gözlemleri açıklamak için, yanma hakkında uygun bir düşünce mantığı içinde, anlamalarını birleştirmedikleri görülür” (Aktaran: Taber, 2000).

Fakat Watson ve çalışma arkadaşları “yanma” konusu hakkında yapmış oldukları araştırmada, bu konudaki öğrenci görüşleri arasında daha fazla tutarlılık olduğunu bulmuşlardır (Watson vd., 1997).

Vosniadou (1992), Dünya’nın uzaydaki konumuna ait öğrencilerin sahip oldukları modelleri teşhis etmek ve bu modellerin ahenkli ve tutarlı bir biçimde kullanılıp kullanılmadığına karar vermek amacıyla yaptığı araştırmada kavramsal bilginin, bazı teoriklerin tartıştığı gibi parçalı ve bağlantısız olmadığını görmüştür. Öğrencilerin, büyüklerinden ve günlük deneyimlerinden elde ettikleri bilgileri tutarlı bir biçimde birleştirmeye çalıştıklarını iddia etmiştir (Vosniadou, 1992).

Aslında pek çok araştırmacı, araştırma bulgularını; “öğrenciler; tutarlı, istikrarlı, zaman içinde genişletilerek uygulanan ve belirli doğal olaylara uygulanabilen teori benzeri alternatif açıklayıcı şemalar yapılandırabilirler” şeklinde yorumlamaktadır (Andersson, 1986; de Posada, 1997; Driver ve Easley, 1978; Tytler, 1998; Vosniadou, 1992; Watts, 1982, 1983a, 1983b).

1. 5. 1. 3. Alternatif Çatılar

Bazı araştırmacılar, kavramsal değişimin rasyonel bir temele sahip olduğunu vurgulamaktadır. (Hewson ve Hewson, 1984; Smith vd., 1993).

Thagard'a göre; bir bilim adamı veya bir öğrenci, bir teoriyi elinde tutar, ancak alternatifine ait anlamayı tedricen inşa eder. Yeni bir alternatif teoriye ait model, “arka plan içinde” yapılandırılır. Eğer alternatif model “açıklama yapabilecek uygunluğa” gelmeye başlarsa; bundan sonra bu alternatif model, işlem için tercih edilen teori haline gelir. Thagard'ın da önerdiği gibi; “Çocuklar biyolojik ve fiziksel mekanizmaları ayrıntılı olarak düşündüklerinde, bu açıklamaların eski teorilerinden daha fazla açıklayıcı uygunluğa sahip olduğunu, farkında olarak ya da olmayarak anlıyorlar ve bundan dolayı eski teorilerini terk ediyorlar. Yine de, alternatif teorilerin yapılandırılması, açığa çıkması ve yeni sistemin gücünün anlaşılabilir olarak kullanılması için, zamana ihtiyaç vardır”. Thagard, bu sürecin yıllar alabileceğini önermektedir (Aktaran: Taber, 2001).

Strike ve Posner, bir kişiyi mantıklı olarak değişime yönelten koşulları tartışmıştır. Bu koşullar; yarışan kavramların

- 1) Deneyisel verilerle ne ölçüde uyduğu,
 - 2) Deneyimleri karşılayıp karşılayamadığının,
 - 3) Metafiziksel kabullenmeleri ne ölçüde karşıladığının
 - 4) ve diğer bilgilerle ne ölçüde uyumlu olduğunun değerlendirilmesini içerir
- (Aktaran: Taber, 2001).

Mantıklı olarak değişimin gözlemlendiği durumların ortaya çıkmasında dikkate alınan ilk kriterde; öncelikle öğrencinin, sahip olduğu kavram şemalarından memnun olmaması gerekmektedir. Var olan çatının küçük ayarlamalar ile çalışabilmesi durumunda, yer değiştirmenin gerçekleşmeyeceğini düşünülmektedir.

İkinci olarak; öğrenci, yeni kavram hakkında temel düzeyde bir anlamaya sahip olmalıdır. Bu sebepten öğrenci, kavram ile ilgili açıklamalar yapabilir. Bu, bilişsel yapının var olan bazı parçaları ile yeni kavramın ilişkili olmasına ve deneyimlerdeki örneklerle benzeyebilmesine bağlıdır. Eğer yeni kavram, açık ve kolay anlaşılır yapıda ise öğrenci, yeni kavramı anlamada ve yeni tutarlı bir yorumu zihninde yapılandırmada zorluk çekmez.

Üçüncü kriterleri ise, yeni şema mantıklı bir alternatif olmalıdır. Çünkü mevcut olan şemadaki belirgin farklılıkları açıklayabilmelidir ve mantığa dayalı beklentileri karşılamalıdır. Aynı zamanda yeni şema, mevcut şema ile uyum içerisinde olmalıdır.

Sonuncu olarak; yeni kavramlar, verimli olmalıdır. Yeni kavramın verimli olması, öğrencinin yeni şemayı karşılaştığı diğer alanlara da uygulayabilmesini ifade eder (Taber, 2001; Canpolat ve Pınarbaşı, 2002; Cansüğü Koray ve Bal, 2002).

Bir öğrenci, bir kavrama ait birden fazla alternatif çatı geliştirebilir. Bu alternatif çatılar, mevcut ve kalıcı çatılar ile olası ilişkilerinden dolayı çok kararlı olma eğilimindedirler ve bu nedenle bunları “unutturmak” zordur (Dumbrill ve Birley, 1987).

İlk defa “öğrencilerin sahip olduğu fen görüşlerini” büyük eleştirilere taşıyan araştırmacılar tarafından, öğrencilerin sahip oldukları “alternatif çatıların” öğrenci perspektifinden tutarlı ve mantıklı olabileceği (Gilbert vd., 1982; Gilbert ve Watts, 1983; Pope ve Gilbert, 1983; Watts, 1983b) ve bu alternatif çatıların çok bilgi depo edebilen yapıda olduğu vurgulandı (Gilbert vd., 1982; Watts, 1983a; Watts ve Gilbert, 1983).

Nussbaum ve Novick, öğrencinin sınıftaki deneyimlerini yorumlamak için olgunlaşmamış “alternatif çatı” veya “ön kavramları” kullandığı zaman; öğretmenin amaçladığından farklı veya bütündeki anlamalarla çelişen anlamaların gelişebileceğini tartışmıştır. Öğrenci, kendisindeki bu eksikliğin farkında olmayabilir ve öğretmen, öğrencinin dersi anlamadığını sanabilir. Nussbaum ve Novick, bu durumun, öğrencilerin anlamama durumu olmadığını; ancak amaçlanandan farklı anladıkları durum olduğunu vurgulamışlardır (Aktaran: Pope ve Gilbert, 1983).

Watts (1982 ve 1983a, b), yaptığı çalışmalarda öğrencilerin fizik kavramları hakkında sahip oldukları görüşleri incelemek amacıyla gerçekleştirdiği öğrenci görüşmelerinin ortak özelliklerine bakarak, öğrencilerin alternatif çatılar

geliştirdiklerini ve bazı öğrencilerin birden fazla çatı kullandıklarını kabul etmektedir.

Daha yakın zamanda yapılan çalışmalardan, bireysel olarak öğrencilerin bazen bilgi edindiği, ancak bazen de edinmediği pek çok alternatif kavramsal çatıdan görünüm itibariyle yararlandığına dair benzer bulguların elde edilmesine devam edilmektedir (Caravita ve Haldén, 1994; Maloney ve Siegler, 1993; Petri ve Niedderer, 1998; Taber, 1995b; Taber ve Watts, 1997; Tytler, 1998; Watson vd., 1997).

Rowell ve Dawson'un da önerdiği gibi, “ Bir alternatif yaklaşım, öğrencilerin var olan bilgilerine yeni bilgi inşa etmekten daha ziyade; bir alternatif teorik sistemi yapılandırmalarında öğrencilere destek sağlamaktır; daha sonra öğrencilerin ön kavramlarının veya yeni yapılandırdıkları teoriden hangisinin olayları en iyi şekilde açıkladığını dikkate almaktır” (Aktaran: Driver, 1989).

Bir öğrencinin, bazı kavram alanlarına uyguladığı pek çok kalıcı ve tutarlı alternatif açıklayıcı şemaları bilişsel yapısında eşzamanlı olarak tutabildiğine ait iddia; geniş bir veri setinin toplanmasına ve bunların dikkatlice analizine dayanmaktadır. Veri toplama işlemi, öğrencilerin farklı içeriklerdeki düşüncelerini elde edebilmek için geniş bir fırsat aralığını ve geniş bir zaman periyodunu içermelidir (Taber 2000).

1. 5. 2. Yeni Bir Öğrenme Modeli: Yapılandırıcı Yaklaşım

Yapılandırıcı yaklaşımın temel prensibi; dünyayı anlamlandırmak için bilginin yapılandırılması, mevcut bilişsel yapı elemanları içinde bilginin yorumlanmasıdır (Taber ve Watts, 1997). Öğrenme, öğrencinin bilgi yapılandırmaya aktif katılımı ile meydana geldiğinden dolayı; yapılandırıcı perspektif sınırları içinde öğrencilerin, yeni durumları yorumlamak ve yeni durumlardaki hareketlerine yön verebilmek için, yaşadıkları ortama ait zihinsel modeller yapılandırdıkları

düşünülmüştür. Bu zihinsel modeller veya kavramsal şemalar, sıra ile deneyimlerle uyuma durumuna göre gözden geçirilir (Von Glaserfeld, 1989). Öğrenciler kavramsal şemaları geliştirerek yeniden yapılandırdıklarından ve sürekli olarak deneyimler ve düşüncelerin genişleyen bütünü muhafaza ettiklerinden dolayı, öğrenme adapte edilebilir bir süreçtir. Bu durum ayrıca, öğrencilerin, bilgi ve deneyimlerine dayanarak zihinsel ilişkileri kurdukları ve üzerinde kontrollere sahip oldukları “anlam yapılandırma”nın aktif bir süreci gibi görülür (Driver, 1989).

Yapılandırıcı yaklaşım alanındaki araştırmalar, Hewson ve Hewson’ın (1992), da takip ettiği “kavramsal değişime dayalı öğretim”e odaklanmıştır. Kavramsal değişime dayalı öğretim; öğrencilerin, olguları kavramsallaştırmadaki değişimlerini standart fen açıklamalarına doğru mümkün kılabilmek için fenedeki anlamalarını birleştirmelerini gerektirir. Kavramsal değişime dayalı öğretim, düşüncelerin oluşturduğu bir kavramsal çatıdan bir sonrakine, fen ilkeleri ekseninde, değişimin lineer bir sürecidir. Driver ve arkadaşları (1994), “kavramsal yörünge” görüşünü önermiştir. Kavramsal yörünge, bir alandaki bilginin tasvir edilmesindeki anlamlı gelişmeleri tanımlayan bir kavramsallaştırma sırasındır. Çatıların doğruluğu sınanarak bunların üstesinden gelindikçe ve bunlar köklü olarak değiştirildikçe; ilerleme, çatıların tedrici değişimi ve düşüncelerde bir anda meydana gelen “devrim” şeklinde olabilir.

1. 5. 3. Bilginin Yapılandırılması

Fene ait bilginin yapılandırılması, bilginin elde edilmesindeki yaklaşımın sürekli değişimini düşünmeye yönelten her biri sorgulanmış bir süreç gibi düşünülmelidir. Çeşitli durumlarda elde edilen bilginin sürekli kullanımı, onu güçlendirir, derinlemesine anlaşılmasını sağlar ve bu bilginin tutarlı yapısını ortaya koyar (Guisasola vd., 2002).

Kavram yapılandırmada araştırmacıların üzerinde durduğu diğer bir konu da, farklı kültürlerin, öğrencilerin kavram geliştirmeleri üzerine yapmış olduğu etkidir.

Örneğin Shipstone ve arkadaşları (1989), Avrupa’da, öğrencilerin kültürel açıdan karşılaştırmasını yapmıştır. Hewson and Hamlyn (1983), öğrencilerin kavram geliştirmeleri üzerine etki eden farklı kültürlerin de dikkate alınması gerektiğine dair belirtiler bulmuştur. Pek çok sayıda dikkatlice derlenen çalışmalardan elde edilen kanıtlar, özel alanlardaki öğrenci düşüncelerinin, belirgin kavramsal yörüngeler izleme eğiliminde olduğunu önermiştir. Her ne kadar; bireysel seviyelerde düşünmeye değer özel kültürel etkiler olsa da; genel görünüm, farklı geçmişlere sahip ve farklı şehirlerdeki öğrencilerin kavramsal yörüngelerinde benzerlik olduğudur (Driver, 1989).

Bu alandaki önemli bir gelişme; okul yılları boyunca belirgin alanlar içinde öğrenci kavramlarının evrimleşmesini belgeleyen çalışmaların gelişimidir. Örneğin; Dünya’nın uzaydaki konumu hakkında çocukların düşüncelerinin gelişimine ait Nussbaum’un (1985) yaptığı çalışma, kavramların sırasını göz önüne sermiştir; öğrenciler Dünya’yı düz bir araziye benzetmektedir; bu görüş, ileri yaşlarda küresel Dünya’nın “yukarı ve aşağı” görüşü ile yer değiştirmiştir; daha sonra yukarı ve aşağı doğrultuları, Dünya’dan uzaklaşan veya yaklaşan hareket terimi içinde yapılandırılmıştır (Aktaran: Driver, 1989).

Kempa ve Hodgson’a göre (1976), fiziksel terimleri öğrenmeyle ilgili zorluklardan bir tanesi de kavramların soyut özellikli olmasıdır. Buna göre, Kempa ve Hodgson öğrencilerin kavram kazanım seviyelerini araştırdılar ve bir kavramı algılamalarının somuttan soyuta doğru 4 seviyede gerçekleştiğini önerdiler. Öğrencilerin bir kavrama ait yapmış oldukları eski tanımdan yeni tanıma doğru anlamalarının gelişebilmesi için her seviyede bir olgunlaşmanın gerçekleşmesi gerektiğini savundular.

Kempa ve Nicholls (1983) bir kavramın bulunduğu 4 kazanım seviyesini şu şekilde sıralamıştır (Aktaran: Dumbrell ve Birley, 1987) :

Seviye 1: Kavram; öğrenci tarafından, genellikle kavramın en basit veya en yaygın örneğini temsil eden, belirli bir örnek cinsinden algılanır.

Seviye 2: Kavram, nitelik ve özellik cinsinden algılanır. Bu sayade kavramın pek çok örnekleri tanımlanabilir.

Seviye 3: Kavram, kendisi ile ilgili çok kullanılan matematiksel terimler şeklinde algılanır fakat deneyimlere dayalı kavram özellikleri algılanmaz.

Seviye 4: Kavram, yoruma dayalı özellikleri açısından derinlemesine düşünülür. Kavramların atomik veya moleküler temelleri anlaşılır.

Benzer bir çalışmada; Dumbrill ve Birley (1987), “akım”, “enerji”, “magnetik alan” ve “kuvvet” kavramları üzerinde öğrencilerin başarılı bir biçimde öğrendikleri kavram seviyelerini ölçtü. Araştırmalarının sonucunda, öğrencilerin farklı zamanlarda farklı modelleri kullandıklarını, her bir olgu için pek çok alternatif çatıyı uyguladıklarını, teknik terimlerin fazla olmasının karışıklığa neden olduğunu, açıklamaların soyut düşünceleri içerdiğini ve daha derinlemesine araştırma yapmak için öğrencilere sorular yöneltildiğinde, alternatif çatılara yeniden dönüldüğünü buldular.

1. 6. Araştırmanın Amacı ve Önemi

Bu araştırma, öğrencinin bilişsel yapısında mevcut olan çatının limitlerini görmeye başlamasını, öğrenci tarafından alternatif bir çatının araştırılması ve geliştirilmesini içeren kavramsal değişimin uzun dönemli yapısını incelemektedir. Fizikte “ısı ve sıcaklık” konusu hakkındaki öğrenmenin nasıl meydana geldiğine dair soruya, öğrencilerin bu konuları nasıl kavramsallaştırdıkları ile cevap verilmeye çalışılacaktır.

Bu araştırmanın hazırlanmasındaki çıkış noktası; öğrencilerin kullandığı “ısı ve sıcaklık” kavramlarının gelişimine ait özellikleri tanımlamak ve araştırma bulgularının fizik öğretiminde nasıl kullanılabileceğine dair bilgiler elde etmektir. Bu alanda yapılan araştırmalar, çocukların bilimsel açıdan doğru olmayabilen ancak yine

de çocukların düşüncelerindeki ilerlemeleri yansıtabilen anlamalar geliştirdiklerini önermiştir.

Araştırmanın diğer bir amacı da; öğrencilerin fendeki ileri öğrenmelerine “kritik bariyer” (Hawkins, 1978) gibi etki eden, daha fazla öneme sahip özel kavramların belgelenmek istenmesidir. Kritik bariyer şeklinde tanımlanan, özel olarak araya giren kavramların değerlendirilmesi ve geliştirilmesinde harcanan gayret, ileride kavramların öğretimsel gelişme sırasına etki edebilir.

Berman ve Roderick’e (1973) göre, “Müfredat gelişimi, öğrenciyi anlam yapılandırıcı gibi görmeli ve deneyimler, her bir öğrencinin ‘düşünmelerine, irdellemelerine ve anlamalarını geliştirmelerine’ olanak sağlayacak şekilde planlanmalıdır” (Aktaran: Pope ve Gilbert, 1983). Bu bağlamda, öğrencilerin “ısı ve sıcaklık” kavramlarını nasıl düşündükleri, irdeledikleri ve geliştirdikleri araştırılarak, elde edilen sonuçların fizik müfredatına etkileri belirlenmeye çalışılmıştır.

1. 6. 1. Problem Cümlesi

Lise 1. sınıf öğrencilerinin, ısı ve sıcaklık konusu hakkında kavram geliştirme süreçleri nasıldır?

1. 6. 2. Alt Problemler

1. Lise 1. sınıf öğrencilerinin, “ısı ve sıcaklık” konusu hakkında kavram geliştirme süreçlerine “madde ve özellikleri” konusunun etkisi var mıdır?
2. Lise 1. sınıf öğrencilerinin, “ısı ve sıcaklık” konusu hakkında kavram geliştirme süreçlerinde, öğrenciler ısı ve sıcaklık kavramlarını alternatif çatılar içerisinde yerleştirme yapıyorlar mı?

3. Lise 1. sınıf öğrencilerinin, “ısı ve sıcaklık” konusu hakkında kavram geliştirme süreçlerinde, öğrencilerin kurmuş olduğu alternatif çatıların zaman içerisinde değişimleri nasıldır?
4. Lise 1. sınıf öğrencilerinin, “ısı ve sıcaklık” konusu hakkında kavram geliştirme süreçlerinde, kavram kazanım süreçleri nasıldır?
5. Lise 1. sınıf öğrencilerinin, “ısı ve sıcaklık” konusu hakkında kavram geliştirme süreçlerinde, öğrencilerin kavram yanılgıları var mıdır?

1. 6. 3. Sayıtlar:

Bu araştırma aşağıdaki sayıtlar üzerine kurulmuştur:

1. “Madde ve özellikleri” ve “ısı ve sıcaklık” konuları, orta öğretimde fizik dersi müfredatını kapsamaktadır.
2. Araştırmanın örneklemindeki öğrenci sayısı, lise 1. sınıf öğrencilerin ısı ve sıcaklık konusu hakkındaki kavram geliştirme süreçleri hakkında bilgi elde etmek için yeterlidir.

1. 6. 4. Sınırlamalar:

1. Bu araştırma, 2002-2003 öğretim yılında Aksaray ili, Güzelyurt ilçesine bağlı Ihlara kasabasında bulunan Ihlara Çok Programlı Lisesinin 1. sınıfına devam eden 12 öğrenci ile sınırlıdır.
2. Bu araştırma, orta öğretim fizik ders programı içeriğinde yer alan “madde ve özellikleri” ve “ısı ve sıcaklık” konuları ile sınırlıdır.

BÖLÜM II

YÖNTEM

2. 1. 1. Evren ve Örneklem

Bu araştırmanın evrenini, Aksaray ili, Güzelyurt ilçesine bağlı Ihlara kasabasında bulunan Ihlara Çok Programlı Lisesi oluşturmaktadır. Çalışma; bir yıllık zaman periyodu içinde çeşitli aralıklarla “Madde ve Özellikleri” konusu ve bu konunun devamı olan “Isı ve Sıcaklık” konuları hakkında Lise 1. sınıfa devam eden 12 öğrenciye verilen dersler ve bu dersler içerisinde öğrencilerin kavram geliştirme süreçlerini ortaya koymaları amaçlanarak geliştirilen ölçme araçlarından oluşmuştur.

Sıra	Öğrenciler	Diploma Notu	Lise 2’de Seçtiği Bölüm	Sosyo-Ekonomik Durumları
1	Öğrenci A	4,66	Sözel	İyi
2	Öğrenci B	4,88	Sayısal	İyi
3	Öğrenci C	4,88	Sayısal	İyi
4	Öğrenci D	4,69	Sayısal	İyi
5	Öğrenci E	3,56	Sözel	Orta
6	Öğrenci F	3,40	Sözel	Kötü
7	Öğrenci G	3,35	Sınıf tekrarı	Kötü
8	Öğrenci H	4,70	Sözel	İyi
9	Öğrenci I	4,68	Sözel	Orta
10	Öğrenci J	3,73	Sözel	Orta
11	Öğrenci K	4,85	Sayısal	İyi
12	Öğrenci L	3,91	Sözel	İyi

Tablo 2.1. Araştırmaya katılan öğrenciler ve özellikleri

9/A sınıfının tamamını oluşturan 12 öğrencinin isimleri açıkça belirtilmeyerek harfler ile kodlanmıştır. Bu öğrencilerin 5’li not sistemi içerisinde orta okul diplomalarındaki mezuniyet notları, lise 2. sınıfta seçtikleri bölümler ve öğrenci ailelerine ait sosyo-ekonomik durumları Tablo 2.1’de gösterilmiştir. Ihlara halkının çoğunluğu yurt dışında işçi olarak çalışmaktadır. Bu nedenle velileri yurt dışında

olan öğrencilerin sosyo-ekonomik durumu iyi olarak alınmıştır. Bunun dışında velisi Türkiye’de bulunan ailelerden aylık geliri 500 YTL ve üzerindeki öğrencilerin sosyo-ekonomik durumu iyi; aylık geliri 300 YTL ile 500 YTL arasında olan öğrencilerin sosyo-ekonomik durumu orta ve aylık geliri 300 YTL ile daha düşük değerdeki öğrencilerin sosyo-ekonomik durumu kötü olarak alınmıştır.

Söz konusu lise 1. sınıfta “Madde ve Özellikleri” ve “Isı ve Sıcaklık” konusu hakkında verilen fizik dersleri, orta öğretim fizik müfredatına göre, daha kapsamlı olarak verilmiştir. Öğrencilerin zaman içinde düşüncelerini ortaya koymalarını ve kavram geliştirme süreçlerini takip edebilmek, öğrencilerin fikirlerinin derinlemesine incelenmesini gerektirir. Bu sebeple öğrencilerle bireysel görüşmeler yapılmış ve teyp kasetlerine kayıt edilmiştir. Ayrıca öğrencilerin, “madde ve özellikleri, ısı ve sıcaklık” konuları ile ilgili kavram çarkı, kavram sınıflandırması ve sorulara ait vermiş oldukları cevaplardan oluşan çeşitli tamamlayıcı veriler toplanmıştır. Projeye katılan öğrenciler pasif bilgi alıcısı değil, aktif bilişsel işlemci olarak alınarak; yaşadıkları deneyimler onlar için anlamlı olduğu zaman, projeye yardım etmesi beklenen “katılımcılar” olarak düşünülmüştür.

2. 1. 2. Ölçme Araçları

Bu araştırmada; öğrencilerin sahip oldukları bilgilerin yeni bilginin öğrenilmesinde, yeni kavramsal çatıların yapılandırılmasında veya var olan kavramsal çatıların yeni bilgiye göre değiştirilmesinde etkisi olabileceği düşünülerek, öğrencilerin öncelikle “madde ve özellikleri” konusunu ne kadar anladıkları araştırılmak istenmiştir.

Bu araştırmanın amacı, lise 1. sınıf öğrencilerinin “ısı ve sıcaklık” konusu hakkında kavram geliştirme süreçlerini ortaya çıkartmak olduğundan; öncelikle öğrencilerin “madde ve özellikleri” konusuna ait kavramları öğrenip öğrenmedikleri araştırılmıştır. Eğer öğrenciler bu konular hakkında kavram yanlışlarına sahip iseler bu kavram yanlışlarının sürecin hangi aşamasında düzeltildiği ve bunların “ısı ve

sıcaklık” kavramlarını öğrenmedeki etkilerinin ne derece olduğu araştırılmıştır. Bunun için; öğrenciler, fizik hakkındaki düşüncelerini geliştirmelerine, bunları ortaya koymalarına ve kendi öğrenmelerinin etkilerini denetlemelerine yardım eden; kavram çarkı, kavram sınıflandırması; kavramın etkili ve doğru biçimde kullanıp kullanılmadığını araştıran sorulara ve bireysel olarak teybe kaydedilen görüşmelere tabi tutulmuşlardır.

Öğrencilere yöneltilen soruların bir kısmı, direk olarak öğrencilerin o kavramı bilip bilmediklerini ölçmeyi amaçlarken; diğer bir kısmı, öğrencileri kavramlar arasında ilişkileri kurmaya ve düşünmeye yöneltmeyi amaçlamıştır.

Araştırmada aşağıdaki şu ölçme araçları kullanılmıştır:

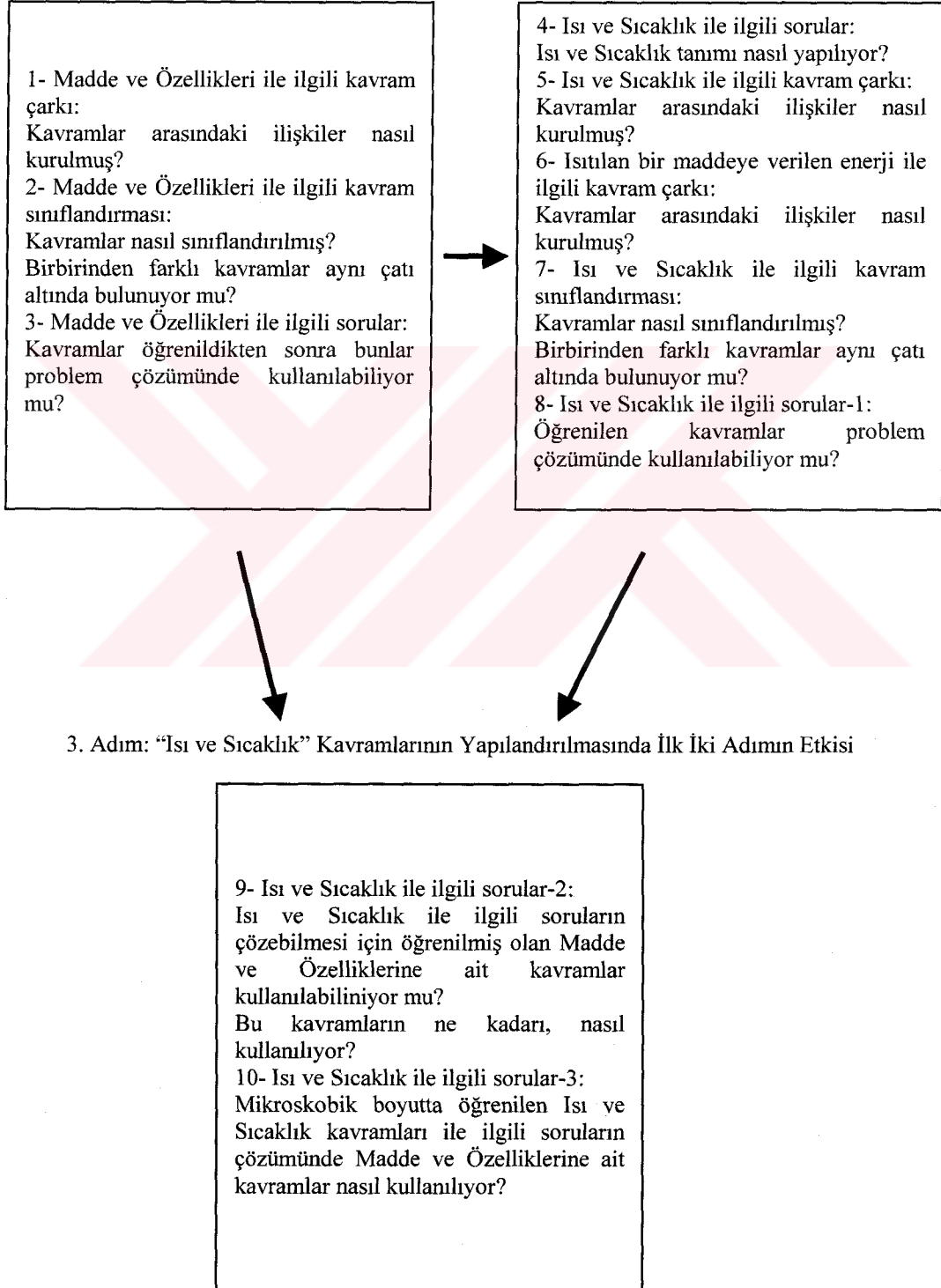
- | | |
|--|-------------|
| 1. Madde ve Özellikleri ile İlgili Kavram Çarkı | (Bkz Ek-1) |
| 2. Madde ve Özellikleri ile İlgili Kavram Sınıflandırması | (Bkz Ek-2) |
| 3. Madde ve Özellikleri ile İlgili Sorular | (Bkz Ek-3) |
| 4. Isı ve Sıcaklık ile İlgili Sorular | (Bkz Ek-4) |
| 5. Isı ve Sıcaklık ile İlgili Kavram Çarkı | (Bkz Ek-5) |
| 6. Isıtılan Bir Maddeye Verilen Enerji ile İlgili Kavram Çarkı | (Bkz Ek-6) |
| 7. Isı ve Sıcaklık ile İlgili Kavram Sınıflandırması | (Bkz Ek-7) |
| 8. Isı ve Sıcaklık ile İlgili Sorular-1 | (Bkz Ek-8) |
| 9. Isı ve Sıcaklık ile İlgili Sorular-2 | (Bkz Ek-9) |
| 10. Isı ve Sıcaklık ile İlgili Sorular-3 | (Bkz Ek-10) |

Araştırma şu 3 temel adım üzerine kurulmuştur:

Tablo 2. 2. Araştırma uygulanmasındaki temel adımlar ve bunlar arasındaki ilişkiler

1. Adım: Madde ve Özelliklerinin Öğretimi

2. Adım: Isı ve Sıcaklığın Öğretimi



2. 1. 3. Ölçme Araçlarının Geliştirilmesi

Öğrencilere yöneltilen tüm sorular, lise 1. sınıf fizik ders müfredatı çerçevesinde çeşitli fizik kitapları incelenerek hazırlanmıştır (Serway, 1995; Kalyoncu ve Çakmak, 2002; Kırbaş, 1997).

Öğrencilere uygulanan sorularda “madde ve özellikleri” ve “ısı ve sıcaklık” konularına ait temel kavramlara yer verilmiştir. Sorular, bu konuların fizik ders programındaki içeriği ile bütünleştirilerek; lise 1. sınıf ders kitaplarında yer alan ve öğrencilerin “ısı ve sıcaklık” konusuyla ilgili günlük hayatla ilişkilendirebilecekleri örnekleri kapsayacak şekilde düzenlenmiştir. Isı ve sıcaklık konusunda öğrencilerin moleküler yapıda kavram gelişim boyutlarının belirlenmesi amacı ile kaynama ve hal değişimi (bu başlıklar lise 1. sınıf ders kitabıyla bağlantılı olarak seçilmiştir) konularını içerecek biçimde yapılandırılmıştır.

Soruların, öğrencilerin “ısı ve sıcaklık” konusunda neler bildiklerini ve “madde ve özellikleri” ile ilgili temel kavramları “ısı ve sıcaklık” konusuna nasıl taşıdığını ortaya çıkartacak şekilde oluşturulmasına dikkat edilmiştir.

Öğrencilere uygulanan sorular, öğrencilerin bilgisini teşhis etmede ve öğrencilerin kendi yeteneklerini ortaya çıkarmada kullanılmıştır. Pek çok araştırmacı, öğrencilere her bir kavram ile ilgili sadece bir ya da iki problem içeren testlerin yöneltilerek; öğrencilerin tek yönlü olarak değerlendirilmesi ve zorlandıkları noktaların tespit edilmesi açısından bu testlerin kullanılmasının yeterli olmadığını önermiştir (Maloney ve Siegler, 1993). Kısacası, örneğin ısı ve sıcaklık konusuna dair hazırlanan soruların yöneltildiği öğrencilerden iki tanesi probleminin çözümü için $Q=m.c.\Delta T$ ifadesini kullanmış olabilir. Ancak bu, her iki öğrencinin de aynı şeyleri bildiği anlamına gelmez. Bir tanesi, ısı ve sıcaklık kavramlarını anlamış olabilir iken; diğeri ise ilgili eşitliği bundan önce çözülmüş olan problem veya problemlere benzer oluşundan yararlanarak yazmış olabilir. Başka bir öğrenci ise $Q=m.c.\Delta T$ ifadesine ait terimleri içine alan, düşünmesi gereken hiçbir yolu tanımlayamamış olabilir. Bu durumda; öğrencinin konuyu gerçekten bilip

bilmediğini anlamak için öğrencilere, onları düşünmeye yönelten sorular yardımımıza koşturmuştur.

Öğrencilerin gerçek öğrenme sınırlarının içinde bulunmasına ek olarak, ilgili kavrama ait öğrenme sınırlarının dışında da neler bulunduğunun öğrenci tarafından bilinmesi gerekir. Yani bir kavramın veya kavramlar arasındaki ilişkilerin ne olduğunun bilinmesi yanında, ne olmadığının da bilinmesi gerekir. Öğrencilerin, soruların içerisinde geçen doğru ifade edilmiş ibarelere, doğru cevaplar vermesi onların tam öğrenmelerinin olduğu anlamına gelmez. Sorular içerisinde geçen yanlış ifade edilmiş ibarelere öğrenci, ‘bu ifade doğrudur’ cevabını veriyorsa bu, onların öğrenmelerindeki eksik tarafları gösterir. Öğrencilerin öğrenmeleri hakkında daha nitelikli bilgiler elde edebilmek amacıyla öğrencilere, bazı soruların içerisinde yanlış ibareler yöneltilmiş ve öğrencilerin bunlar hakkında neler düşündükleri ortaya çıkartılmaya çalışılmıştır.

Öğrencilerin sadece sorulara doğru cevap vermiş olması, onların konuları öğrendikleri anlamına gelmez. Bu sebeple, öğrencilerin öğrenip öğrenmediklerini anlamak için mülakatlar düzenlenmiş ve öğrenmenin gerçekleşip gerçekleşmediğine dair karara bu mülakatlar sonucunda ulaşılmıştır.

Öğrencilerin “madde ve özellikleri” ve “ısı ve sıcaklık” konusunda neler bildiklerini kendilerinin sözel olarak yazmalarına dayanan “madde ve özellikleri ile ilgili kavram çarkı”, “ısı ve sıcaklık ile ilgili kavram çarkı” ve “ısıtılan bir maddeye verilen enerji ile ilgili kavram çarkı” geliştirilmiştir.

2. 1. 4. Etkinliklerin Uygulanışı

Bazı fen alanlarında, öğrencilerin doğru kavramlarına karar vermek için belirlenmiş sorulara cevaplar bulmak veya bilgi veren görüşmeler yapmak yeterli değildir. Daha doğrusu; bir fen konusundaki kavramsal gelişime ait herhangi bir gerçek değer, bir öğrenci tarafından kullanılan çeşitli kavramları aydınlatmak ve bu

kavramların kavramsal profil içinde bağıl değerlerini bulabilmek için olabildiğince zengin bir veri tabanından yararlanılmalıdır. Ayrıca, bir anda “biliş ait haritanın” (Wandersee, 1990) çizilmesi de yeterli değildir. Başka bir deyişle, öğrenci özel zaman periyotları içinde takip edilmelidir, böylece bilişsel yapıdaki değişimler ortaya çıkartılabilir (Taber, 2001). Bu sebepten, öğrenciler uzun dönemli bir araştırma sürecine tabi tutulmuşlardır.

Öğrenciler üzerinde yapılan bu araştırma sürecine 2002-2003 eğitim-öğretim yılının 1. döneminde okulların açılması ile başlamıştır. Lise 1. sınıf müfredatı gereğince öncelikle madde ve özellikleri konusu işlenirken araştırılmak istenen temel kavramlar öğretildikten sonra öğrencilere Madde ve Özellikleri ile İlgili Kavram Çarkı, Kavram Sınıflandırması ve Sorulara ait etkinlikler uygulandı.

Yapılandırıcı yaklaşım çerçevesinde; öğrencilerin, sınıfta gördükleri konuları kendi bilişsel yapılarında yapılandırdıkları ve mevcut bilişsel yapı terimleri içinde bilgiyi yorumladıkları farz edildi. Her öğrencinin “madde ve özellikleri” ve “ısı ve sıcaklık” konularını kendilerine özgü biçimde öğrendikleri düşünüldü. Öğrencilerin, ısı ve sıcaklık kavramlarını öğrenmelerini belirlemek amacıyla, öğrencilerin çeşitli durumlar altında kullandıkları düşünme yollarını kendilerinin yapılandırdıkları ve bu düşünme yollarının bireyler tarafından zihinsel tasvirlerin yapılandırılma sonrası olduğu düşünülmüştür. Öğrencilerin “madde ve özellikleri” konusuna ait kavramları nasıl yapılandırdıkları araştırıldıktan sonra “ısı ve sıcaklık” konusuna geçildi.

Sınıf içinde “ısı ve sıcaklık” konusunu öğrencinin öğrenmesini kolaylaştırmak amacıyla deneylerden yararlanıldı. Her öğrenciye bir deney föyü dağıtılarak derste yapılan deneyleri daha iyi yorumlamalarına yardımcı olundu. Bu sayede her öğrencinin deney sonucuna kendisinin ulaşarak, bilgiyi kendisinin yapılandığı düşünüldü (Bkz Ek; 11, 12, 13, 14, 15).

Isı ve sıcaklık konusunun işlenilmesi sırasında, öncelikle “ısı ve sıcaklık” ve termometre kavramları verildikten sonra öğrencilere Isı ve Sıcaklık ile İlgili Sorular,

Isı ve Sıcaklık ile İlgili Kavram Çarkı etkinlikleri uygulandı. Deneylerin yapılmasından sonra Isıtılan Bir Maddeye Verilen Enerji ile İlgili olan kavram çarkı etkinliği uygulandı.

Ancak lise 1. sınıf müfredat programında “ısı ve sıcaklık” konusuna ayrılan süre içinde amaçlanan etkinliklerin uygulanamamasından dolayı, öğrencilerle haftanın belirli bir gününde ikişer saatlik derslere devam edildi. Bu süreç içerisinde öğrencilerle konu tekrarları yapıldı ve Isı ve Sıcaklık ile İlgili Kavram Sınıflandırması, Isı ve Sıcaklık ile İlgili Sorular-1, Isı ve Sıcaklık ile İlgili Sorular-2, Isı ve Sıcaklık ile İlgili Sorular-3 etkinlikleri uygulandı.

Öğrencilere kavram sınıflandırması, kavram çarkı ve sorular şeklindeki etkinlikler uygulanırken herhangi bir zaman kısıtlaması getirilmedi. Öyle ki öğrencilerden bir kısmı, kavram çarkındaki kavramlar arası ilişkileri göremeyip ya da kavramlar arasındaki ilişkileri görüp yazarak kısa sürede tamamlar iken; diğer bir kısmı da daha yavaş ilerledi. Yine de ortalama bir zaman ile ifade edecek olunursa kavram çarkına ait kavramlar arası ilişkiler yaklaşık 30 dakika içinde tamamlanmıştır.

Kavram sınıflandırması etkinlikleri, kavram çarkı etkinliklerine göre daha kısa zaman içinde tamamlanmıştır.

Öğrencilere yöneltilen sorular ise öğrenci performansına bağlı olarak yaklaşık 20 dakika içinde tamamlanmıştır.

Öğrencilerin sorulara vermiş oldukları cevapların öğrencilerin düşündüklerini tam olarak anlatmaması gibi bir olasılığı düşünerek ve öğrencilerin sahip oldukları zihinsel yapıları ve geliştirdikleri “alternatif çatıları” tanımlamak için öğrenci görüşmelerinden yararlanılarak daha nitelikli bir çalışma elde edilmeye çalışıldı. Öğrencilerin anlamalarına ait, benzer çalışmalar pek çok araştırmacı tarafından öğrenci görüşmeleri kullanılarak yapılmıştır (Osborne ve Gilbert, 1980a, 1980b; Dumbrell ve Birley, 1987; Taber, 2000,2001).

Elde edilen verilere dayanarak, öğrenciler ile bu veriler üzerinde konuşmak amacıyla ders dışı zamanlarda öğrenci görüşmeleri yapıldı. Bu görüşmeler yaklaşık 30 dakika ile 1 saatlik zaman periyotları içinde gerçekleştirildi.

2. 1. 5. Verilerin Analizi

Araştırmanın amacına uygun düşmesi açısından her öğrencinin kavram geliştirme süreci bireysel olarak incelendi. Daha sonra, öğrencilerin kavram geliştirme süreçlerinde gösterdikleri özellikler alt problemler başlıkları altında gruplandırılarak ortaya kondu.

Kavram gelişimi incelenirken, esas olarak 3 temel etkinlik kullanıldı. Bunlardan öğrencilere yöneltilen soruların analizini yapabilmek için; soruların içinde geçen kavramlar tespit edildi ve bu kavramlar hangi soru içinde geçiyorsa, kavramlara göre bu sorular gruplandırıldı. Kavramların içinde geçtiği soruya verilen cevabın doğru veya yanlış olmasının ve sorulara getirilen açıklamaların belirtildiği sütunlar oluşturularak; uygulanan etkinliklere ait tablolar oluşturuldu (Bkz Ek; 18, 23, 24, 25). Her bir öğrencinin sorulara vermiş olduğu cevaplar incelenerek bu tablolar dolduruldu.

Kavram çarkını yorumlamak için; birinci adımda, çarkta yer alan kavramların doğrudan veya dolaylı tüm olası ilişkilerinin gösterildiği bir listenin yapılması gerekmektedir (Bkz Ek; 16, 20, 21). Bunun için her bir kavramın diğer bir kavram ile doğrudan ve dolaylı ilişkileri bulunarak yazıldı. Bu işlem, şu şekilde yapılmaktadır:

Öncelikle bir numaralı kavramdan başlandı. Sırasıyla 1. kavramın 2. kavram ile, 1. kavramın 3. kavram ile, ... ve nihayet 1. kavramın 20. kavram ile ilişkisi araştırıldı yani yön olarak saatin dönme yönünde ilerlenildi. Her defasında “1. kavramın 2. kavram ile ilişkisi olabilir mi?”, “1.kavramın 3. kavram ile ilişkisi olabilir mi? ... şeklinde sorular yöneltildi. Bu işlem son kavrama kadar devam edilip bitince, 2. kavrama geçildi. 2. kavramın diğer kavramlarla olan doğrudan veya

dolaylı ilişkileri incelenirken, incelemeye 3. kavramdan başlandı ve bu işlem son kavrama kadar sürdü. Ancak 1. kavram ile 2. kavramın ilişkisi üst tarafta araştırıldığı için 2. kavramın 1. kavram ile ilişkisi var mı diye saatin dönme yönünün tersinde ilerlenilmedi yada son kavramdan sonra önceki kavramlara dönülmedi. Her bir öğrencinin uygulanan kavram çarkı için vermiş olduğu cevaplar, kesin ilişkileri gösteren listeler ile karşılaştırıldı.

Öğrencilerden elde edilen veriler ile listeler karşılaştırılırken öğrencilerin vermiş oldukları cevapların listeler ile tamamen aynı olması koşulu aranılmadı. Verilen cevaplar ilişkiyi doğru olarak ifade ediyorsa öğrencinin vermiş olduğu cevap doğru kabul edilmiştir. Örneğin; Etkinlik 5'teki ısı ve sıcaklık ile ilgili kavram çarkında 1. ve 15. kavramlar arasındaki ilişki değerlendirme listesinde, *“Sıcaklıkları farklı iki madde birbirine temas ettirilirse; bu maddeler arasında sıcaklık farkını ortadan kaldıracak şekilde gerçekleşen ısı transferi sırasında maddeler, ısı alışverişi yaparlar”* şeklinde ifade edilmesi beklenirken; öğrencinin yazmış olduğu ifade *“Isı alışverişi yapılabilir. Örneğin sıcak su ile soğuk su karıştırıldığında ısı alışverişi olur”* şeklindedir. Bu durumda, öğrencinin vermiş olduğu ifade doğru kabul edilmiştir.

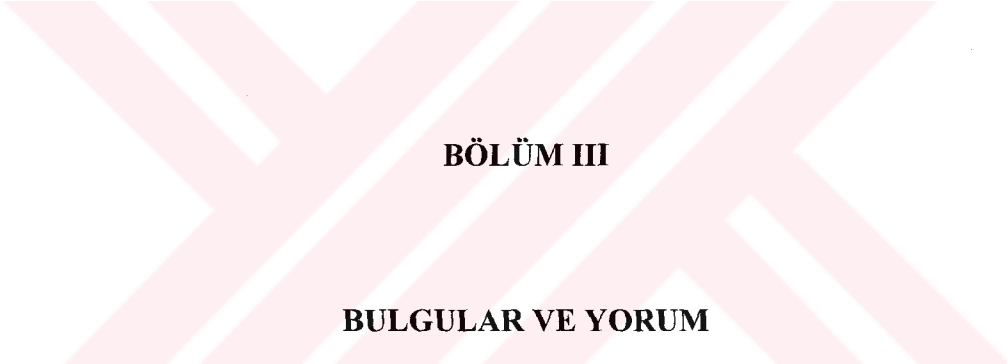
Kavram sınıflandırması içinde benzer şekilde; mümkün olan tüm olasılıklar göz önünde bulundurularak kavramlar sınıflandırıldı (Bkz Ek; 17, 22). Öğrencilerin yapmış oldukları gruplamalara bakılarak öğrencilerin bu kavramlar arasındaki ilişkileri nasıl kurdukları anlaşılmaya çalışıldı. Yine burada da öğrencilerin sınıflandırmalarının değerlendirme için hazırlanan sınıflandırma listeleri ile aynı olması koşulu aranmamıştır.

Bir öğrenciden elde edilen sorulara ait tüm tablolar yan yana konularak tablolar içinde geçen ortak kavramların bu süreç içindeki gelişimi hakkında bilgi edinilmeye çalışıldı. Bununla beraber, tablo içinde kavramın tam olarak öğrenilip öğrenilmediğini anlamak için kavram çarkından ve kavram sınıflandırmasından yararlanıldı.

4. Etkinlięi oluşturan ısı ve sıcaklık ile ilgili sorular, öğrencinin zihninde konu ile ilgili dūřündüklerini yazmasına dayalı olan sorulardır. Öęrencilerin vermiş olduğu cevaplar, öğrencinin bu konuyu nasıl algıladığını ortaya çıkarması açısından önemlidir. Bu sorular yoruma dayalı olduğu için bu etkinliğe verilen cevaplarda öğrenciler özgür bırakılmıştır. Ancak sorulara ait tam ve doğru ifadeler Ek-19’da belirtilmiştir.

Öğrencilerden elde edilen veriler, öğrenci görüşmeleri yapılarak değerlendirilmiştir. Öğrencilerin sorulara vermiş oldukları cevapların temelini ne olduğu anlaşılmaya çalışılmıştır.





BÖLÜM III

BULGULAR VE YORUM

3. 1. Öğrencilerden Elde Edilen Bulgular ve Bulguların Değerlendirilmesi

3. 1. 1. Öğrenci A'nın Etkinliklere Vermiş Olduğu Cevaplar

3. 1. 1. 1. Madde ve Özellikleri ile İlgili Kavram Çarkının Değerlendirilmesi (Etkinlik-1)

1-2: Kütle, eşit kollu terazi ile ölçülür.

1-7: Terazi ile ölçülen cisimler kilogram ile ifade edilir.

2-3: Kütle/hacim= özkütle'yi verir.

2-4: Yoğunluğun artması, kütlenin soğuduğunu gösterir.

2-7: Kütlenin birimi, kilogramdır.

2-12: Kütle/hacim= özkütle'yi verir.

2-13: Kütle cismin bulunduğu yere göre ve içinde bulunduğu sıcaklığa göre değişmez ancak ağırlık bulunduğu yerdeki çekim kuvvetine göre değişir.

2-4-12: Kütle, yoğunluk ve özkütle maddenin ayırt edici özelliklerindendir.

3-4: $d=m/V$ 'den yoğunluğun formülünü verir.

3-12: Kütle/hacim=özkütle'yi verir. Kütle, basınçla sıkıştırılabilir ve hacmin azalmasıyla da özkütle artar.

3-5-13: Özağırlık= ağırlık/hacim verir.

5-12: Özağırlık, özkütle ile yerçekimi ivmesinin çarpımına eşittir.

5-8-11: Özağırlık birimi, Newton/ m^3 olur.

6-10-13: Ağırlığın kutuplarda en büyük olmasının nedeni; kütle çekim kuvveti ve kütle çekim ivmesinin büyük olmasıdır.

8-13: Ağırlığın birimi, Newton'dur.

3. 1. 1. 2. Madde ve Özellikleri ile İlgili Kavram Sınıflandırması
(Etkinlik-2)

Madde

katı
sıvı
gaz

Kütle

katıların kütlesi
sıvıların. kütlesi
gazların kütlesi
eşit kollu terazi

Hacim

sıvıların hacmi
gazların hacmi
geometrik biçimli
cisimlerin hacimleri

Özkütle

katıların özkütlesi
sıvıların özkütlesi
gazların özkütlesi

Maddenin Ayırt Edici Özellikleri

yoğunluk
özkütle
kütle

Maddenin Özellikleri

kütle
eylemsizlik
hacim

**Hacim Değişimi ile
Doğru Orantılı Olanlar**

basınç
sıcaklık

3. 1. 1. 3. Tablo 3. 1. Madde ve Özellikleri ile İlgili Sorulara ait Değerlendirme Tablosu (Etkinlik-3)

SIRA	KAVRAMLAR	İLGİLİ OLAN SORU	SORUNUN İÇERİĞİ	SORUYA VERİLEN DOĞRU CEVAP	SORUYA VERİLEN YANLIŞ CEVAP	AÇIKLAMALAR
1	Hacim Kavramı	1c	Hacim tanımı		+	
		1d	Hacim tanımı	+		
		3	Kürenin hacim ifadesi			Cevap verilmemiş.
		3	Özkütle formülünü kullanarak hacim kavramına ulaşma			Cavaba ulaşılammış.
		9	Hacim değişimi		+	Ay' da hacim azalır.
2	Kütle Kavramı	5	Hacmin sıcaklık ve basınç ile değişimi	+		
		2	Hacmin sıcaklık ve basınç ile değişimi	+		
		9	Kütle değişimi		+	
		1a	Kütle tanımı		+	Ay' da kütle azalır.
		4	Ağırlık değişimi	+		
3	Ağırlık Kavramı	6	Ağırlık değişimi		+	
		9	Ağırlık değişimi	+		
		3	Özkütle formülü	+		
		2	Özkütlenin, hacim değişimi ile değişmesi	+		
		5	Özkütlenin, hacim değişimi ile değişmesi	+		
4	Özkütle Kavramı	1b	Özkütle tanımı	+		
		6	Öz ağırlık formülü		+	Özkütle değeri bulunmuş, Öz ağırlık değerine buradan geçilememiştir.
		2	Öz ağırlığın, yerçekimi ivmesinin değişmesi ile değişimi	+		
		2	Öz ağırlığın, özkütlenin değişimi ile değişmesi	+		
		7	Yerçekimi tanımı	+		
6	Yerçekimi Kavramı	8	Eylemsizlik tanımı	+		
7	Eylemsizlik Kavramı	6	Yerçekimi ivmesinin değişimi		+	
8	Yerçekimi İvmesi Kavramı	9	Yerçekimi ivmesinin değişimi	+		
		2	Yerçekimi ivmesinin değişimi	+		
		4	Yerçekimi ivmesinin değişimine ait yorum	+		

3. 1. 1. 4. Isı ve Sıcaklık ile İlgili Sorular (Etkinlik-4)

Isı ve sıcaklık nedir? Tanımlayınız.

Isı, bir enerji birimidir. Isı, bir maddenin sıcaklığına denir. Isı, bir maddenin kendi sıcaklığıdır. Ve ısı, bir termometredir.

Sıcaklık, bir maddenin ısının maddedeki aracığı ile arttırılmasına sıcaklık denir.

Isı, sıcaklıkla doğru orantılıdır. Bir cismin sıcaklığı diğer cisme göre yüksek ise; ısı da yüksektir.



3. 1. 1. 5. Isı ve Sıcaklık ile İlgili Kavram Çarkının Değerlendirilmesi (Etkinlik-5)

1-5: Toplam kinetik enerji ısıdır.

1-8: Isının birimi joule'dür.

1-9: Isının birimi kalori'dir.

1-19: Isı veriliyorsa, verilen ısı olur.

1-20: Isı, bir enerji çeşididir.

3-4: Ortalama kinetik enerji, sıcaklıktır.

3-6: Sıcaklığın birimi termometredir. Termometre sıcaklıktır.

3-20: Cismin kütesine göre sıcaklık değişir.

5-20: Toplam kinetik enerjiyi bulmak için kütleyi kullanırız.

10-11-12-13: Kelvin, Reaumur, Celsius ve Fahrenheit termometre çeşididir.

$$\frac{C - 0}{100 - 0} = \frac{K - 273}{373 - 273} = \frac{R - 0}{80 - 0} = \frac{F - 32}{212 - 32}$$

11-16: Kelvin sıfırı, mutlak sıfır olarak kabul eder.

14-15: Isı alışverişi, sıcaklığın ve ısının dengelenmesidir. Sıcaklık dengelendikten sonra sıcaklığın farklılaşmasıdır.

17-18: Isı transferi, bir maddeden diğerine ısı karışmasıdır yani ısının aktarılmasıdır. Alınan ısı, maddeye ısı almaktır.

18-19: Verilen ısı, ısısı yüksek olandan düşük olana aktarılan ısıdır. Alınan ısı ise ısı almaktır. Alınan ısı, verilen ısıya eşittir.

3. 1. 1. 6. Isıtılan Maddeye Verilen Enerji ile İlgili Kavram Çarkının Değerlendirilmesi

(Etkinlik-6)

1-3: Eşit miktardaki aynı cins maddelere, aynı ısı verildiği zaman sıcaklık değişimleri aynıdır. Farklı ısılar verilirse sıcaklık değişimleri farklıdır.

1-4: Madde miktarı aynı olan aynı cisimlere, ısı verildiği zaman sıcaklık değişimleri aynı olur.

2-3: Maddenin cinsi farklı olursa, sıcaklık değişiminde de farklılıklar olur. Maddenin cinsi aynı ise sıcaklık değişimi aynı olur ve bu nedenle birbiri ile ilişkilidir.

2-4: Madde miktarları eşit veya farklı olursa maddenin cinsine göre sıcaklıkları farklı veya aynı olur.

3-4: Madde miktarlarının az veya çok olması sıcaklığı değiştirir.

3-5: Maddelere aynı süre ile veya farklı sürelerde ısı verildiği zaman sıcaklık değişimlerinde farklılıklar görülür.

3. 1. 1. 7. Isı ve Sıcaklık ile İlgili Kavram Sınıflandırması

(Etkinlik-7)

Isı Birimleri

joule
kalori

Termometre Çeşitleri

Kelvin
Reaumur
Celsius
Fahrenheit
joule

Sıcaklık Birimi

R ⁰C
C ⁰C
F ⁰C
K ⁰C

Sıcaklık

celsius
kelvin
reaumur
fahrenheit
termometre

Kütle

sıcaklık
enerji
ısı

Isı

enerji
kalori
kütle
ortalama KE
toplam KE
kalorimetre kabı
ısı alışverişi
sıcaklık değişimi
ısı transferi
mutlak sıfır
sıcaklık
hal değişimi
alınan ısı
verilen ısı

Sıcaklık

kütle
enerji
termometre
hal değişimi
ısı alışverişi
alınan ısı
verilen ısı

3. 1. 1. 8. Tablo 3. 2. Isı ve Sıcaklık ile İlgili Sorular-1'e ait Değerlendirme Tablosu (Etkinlik-8)

SIRA	KAVRAMLAR	İLGİLİ OLAN SORU	SORUNUN İÇERİĞİ	SORUYA VERİLEN DOĞRU CEVAP	SORUYA VERİLEN YANLIŞ CEVAP	AÇIKLAMALAR
1	$Q=m.c.\Delta T$	1	$Q=m.c.\Delta T$ ifadesinin kullanımı	+		
		3	$Q=m.c.\Delta T$ ifadesinin kullanımı	+		
		2	$Q=m.c.\Delta T$ ifadesinin yorumu		+	
2	Özısı kavramı	2a	$Q=m.c.\Delta T$ ifadesinde özısı kavramını yorumlama	+		Özısıları aynı olamaz.
		3	$Q=m.c.\Delta T$ ifadesini kullanarak özısı kavramına ulaşma		+	
3	Isı sıgası kavramı	2c	$Q=m.c.\Delta T$ ifadesini kullanarak ısı sıgası kavramına ulaşma		+	Isı sıgası birbirinden farklı olabilir.
		3	$Q=m.c.\Delta T$ ifadesini kullanarak ısı sıgası kavramına ulaşma		+	
4	Özgül ısı kavramı	5	Özgül ısı kavramını yorumlama		+	Suyun hacmi küçülmeye cisman dışarıda kalır.
5	Isı değışimi kavramı	4a	Isı değışimi kavramını yorumlama		+	
6	Sıcaklık değışimi kavramı	4b	Sıcaklık değışimi tanımı	+		
7	Son sıcaklık kavramı	4c	Son sıcaklık tanımı	+		
8	Kütle kavramı	2b	$Q=m.c.\Delta T$ ifadesinde kütle kavramını yorumlama		+	Kütleleri aynıdır.
9	Hacim kavramı	5	Sıcaklık kavramını kullanarak hacmi yorumlama		+	Su kütleesindeki moleküller sıkışır ve hacmi küçülür.

3.1.1.9. Tablo 3. 3. Isı ve Sıcaklık ile İlgili Sorular-2'ye ait Değerlendirme Tablosu (Etkinlik-9)

SIRA	KAVRAMLAR	İLGİLİ OLAN SORU	SORUNUN İÇERİĞİ	SORUYA VERİLEN DOĞRU CEVAP	SORUYA VERİLEN YANLIŞ CEVAP	AÇIKLAMALAR
1	$Q=m.c.\Delta T$	1	$Q=m.c.\Delta T$ ifadesinin kullanımı	+		
		3	$Q=m.c.\Delta T$ ifadesinin kullanımı		+	
		5	$Q=m.c.\Delta T$ ifadesinin kullanımı			$Q=m.c.\Delta T$ ifadesi kullanılmamış.
2	Ağırlık kavramı	6	$Q=m.c.\Delta T$ ifadesinin yorumu			Yorum yapılmamış.
		3	Ağırlık formülünün kullanımı		+	
		6	Ağırlık değişimi	+		
3	Özkütle kavramı	1	Özkütle formülünün kullanımı	+		
		5	Özkütle formülünün kullanımı			Özkütle formülü kullanılmamış.
		4	Özkütle kavramının yorumu	+		Su buharına dönüşmüştür.
4	Hacim kavramı	5	Kürenin hacim ifadesi	+		
		4b	Özkütle formülünü kullanarak hacim kavramına ulaşma	+		
		4c	Gazların hacmini hatırlama	+		
5	Kütle kavramı	1	Özkütle formülünü kullanarak kütle kavramına ulaşma		+	
		3	Ağırlık formülünü kullanarak kütle kavramına ulaşma		+	
		5	Özkütle formülünü kullanarak kütle kavramına ulaşma			Özkütle formülü kullanılmamış.
6	Kaynama	4a	Kaynama sonucunda buharlaşma olayını hatırlama	+		
		2	Basmıç ile kaynamanın gerçekleşmesini hatırlama		+	Ay'da ısı Aksaray'dakine göre daha az olduğundan kaynamamaz.
		6	Basmıç ile kaynamanın gerçekleşmesini hatırlama		+	Yerçekimi ivmesinin zamana etki ettiği (30/6dk) düşünülmüş.

3. 1. 1. 10. Tablo 3. 4. Isı ve Sıcaklık ile İlgili Sorular-3'e ait Değerlendirme Tablosu (Etkinlik-10)

SIRA	KAVRAMLAR	İLGİLİ OLAN SORU	SORUNUN İÇERİĞİ	SORUYA VERİLEN DOĞRU CEVAP	SORUYA VERİLEN YANLIŞ CEVAP	AÇIKLAMALAR
1	Moleküller Arası Çekim Kuvveti kavramı (M.A.Ç.K.)	1a		+		
		1b	M.A.Ç.K. tanımı	+		
		1c	M.A.Ç.K. tanımı			
		1d	M.A.Ç.K. tanımı	+	+	
		2c	M.A.Ç.K. tanımı	+		M.A.Ç. Kuvveti dağıntık haldedir.
		3a	M.A.Ç.K. ile Potansiyel Enerji arasındaki ilişki	+		
2	Potansiyel Enerji kavramı	4b	M.A.Ç.K. tanımı			
		2a	Potansiyel Enerji tanımı		+	Potansiyel Enerji daha azdır.
		3c	Potansiyel Enerji tanımı		+	
		4d	Potansiyel Enerji tanımı	+	+	
3	Düzensizlik kavramı	5c	Potansiyel Enerji tanımı	+		0 °C'deki buz 0 °C'de su haline gelirken Potansiyel Enerji ısı verildiği için artar.
		2b	Düzensizliğin tanımı	+		Düzensizlik daha azdır.
		3d	Düzensizliğin tanımı	+		
4	Kinetik Enerji kavramı	3i	Düzensizliğin tanımı	+		
		3b	Kinetik Enerji tanımı			
		6a	Kinetik Enerji tanımı	+	+	
		6b	Kinetik Enerji tanımı	+		
5	Hacim kavramı	3e	Hacim tanımı	+		
		4a	Hacim tanımı	+		
		5b	Hacim tanımı		+	Maddeye ısı verildikçe hacmi artar.
6	Kütle kavramı	3f	Kütle tanımı	+		
		4f	Kütle tanımı	+		
7	Özkütle kavramı	3g	Özkütle tanımı			
		5a	Özkütle tanımı	+	+	Özkütle her zaman aynıdır.
8	Moleküller yapı kavramı	3h	Moleküller yapı tanımı			
9	Molekül sayısı kavramı	4c	Molekül sayısı tanımı		+	
10	Isı sığası kavramı	4e	Isı sığası tanımı	+	+	
11	Ortalama Kinetik Enerji kavramı	6d	Ortalama Kinetik Enerji tanımı	+		
12	Toplam Kinetik Enerji kavramı	6c	Toplam Kinetik Enerji tanımı	+		

3. 1. 1. 11. Öğrenci A'ya ait Etkinliklerin Değerlendirmesi:

Etkinlik 1'de, “*Kütle, cismin bulunduğu yere göre ve içindeki bulunduğu sıcaklığa göre değişmez ancak ağırlık, bulunduğu yerdeki çekim kuvvetine göre değişir*” cümlesi kurulmuştur. Ağırlığın bulunduğu ortamda değişimi, “*Ağırlığın kutuplarda en büyük olmasının nedeni; kütle çekim kuvveti ve kütle çekim ivmesinin büyük olmasıdır*” cümlesi ile de açıkça ortaya konmuştur. Etkinlik 1'de, “*Kütle, basınçla sıkıştırılabilir ve hacmin azalmasıyla da özkütle artar*” denilmiştir. Yapılan öğrenci görüşmesinde; öğrencinin, kütleden kastının madde olduğu anlaşılmıştır. Etkinlik 1'de kavramlar arasındaki ilişkilerin yazıldığı cümleler genel olarak incelendiğinde; eşit kollu terazi ile kütlenin ölçüldüğünün, kütlenin ve ağırlığın aynı kavramlar olmadığını, kütle biriminin kilogram, ağırlık biriminin Newton olduğunun öğrenci tarafından bilindiği görülmektedir. Ancak Etkinlik 1'de “*Kütle, yoğunluk ve özkütle maddenin ayırt edici özelliklerindendir*” ifadesi kullanılarak kütlenin ayırt edici özellik olduğu düşünülmüştür. Kütlenin neden ayırt edici özellik olduğu öğrenciye sorulduğunda “*Her maddenin kütlesi farklı olduğu için ayırt edici özelliktir*” cevabı alınmıştır. Bunu destekler nitelikte Etkinlik 2'deki kavram sınıflandırmasında, “kütle” kavramı hem “hacim ve eylemsizlik gibi maddenin özellikleri sınıfına”, hem de “özkütle ve yoğunluk gibi maddenin ayırt edici özellikleri” sınıfına dahil edilmiştir. Etkinlik 3'teki 9. soruda ise öğrenci genelleme yaparak Ay'da ağırlığın yanı sıra kütlenin ve hacmin de değişerek; Ay'daki kütle ve hacim değerlerinin, Dünya'daki değerlerinin 1/6'sına eşit olduğu kabul edilmektedir. Bu durum, başlangıçta “kütle ve ağırlık” kavramlarının sözel olarak ve formülleri açısından birbirine karıştırılmadığını; ancak “kütle” kavramının da ilerleyen zaman içerisinde öğrenci tarafından tam ve doğru olarak öğrenilemediği göstermektedir.

Etkinlik 1'de “özağırlık” kavramının tanımları ile ilgili olarak “*Özağırlık, özkütle ile yerçekimi ivmesinin çarpımına eşittir.*”, “*Özağırlık= ağırlık/hacim verir.*” ve “*Özağırlık birimi, Newton/ m³ olur.*” gibi cümleler kurularak yani bu kavram ile ilgili öğrenci tarafından açıklamalar getirilerek Etkinlik 3'teki 2. soruda da özağırlığın yerçekimi ivmesi ile değişiklik gösterebileceği ifade edilmiştir. Ancak öğrenci, aynı etkinlikte yer alan 6. soruda, özağırlık ile ilgili yapmış olduğu tanımlara

dayalı matematiksel ifadeler üzerinde sayısal değerleri yerleştirerek problemi çözememiştir. Özkütlenin değeri bulunmuş ancak yerçekimi ivmesinin değişimi dikkate alınarak özağırlık değişimine ulaşılamamıştır. Öğrenci görüşmesinde de “özağırlık nedir?” sorusuna onun tanımı ile cevap verebilmiştir. Buradaki verilere dayanarak öğrencinin, sözel tanımlarını yapabildiği kavramlara ait matematiksel ifadeleri etkin olarak kullanamadığı ve birden fazla kavramı bir arada düşünerek çözmesi gereken sorularda, sorunun içeriğindeki kavramları bir araya getiremediği ve bunlar arasındaki bağlantıları kuramadığı söylenebilir. Bu durum, öğrencinin anlamalarının ve zihninde oluşturduğu kavram kümelerinin birbirinden bağımsız olduğunu ve bunlar arasında ilişkilerin bazı zamanlarda kurulup bazı zamanlarda ise kurulamadığını göstermektedir.

Özkütle formülünün Etkinlik 1’de “*Kütle/hacim= özkütle’yi verir*” şeklinde tanımı verilmesine ve diğer etkinlikler; 1. Etkinlik, 3. Etkinlik 3. soru, 8. Etkinlik 5. soru, 9. Etkinlik 1. soru, süresince “ $d=m/V$ ” şeklindeki ifadenin yazılabilmesine rağmen bunların, soru içinde tam ve etkili bir biçimde cevaba ulaşmak için kullanılmadıkları gözlenmiştir. Özkütle formülü kullanılarak Etkinlik 3’teki 3. soruda hacim, Etkinlik 9’daki 1. soruda kütle kavramına ulaşılamamıştır. Yine Etkinlik 9’daki 5. soruda özkütle formülü yazılamadığı için kütle kavramına ulaşılamamıştır. Etkinlik 8’deki 5. soruda hacim değişimi ile özkütlenin nasıl değişeceği bulunamamıştır. Öğrencinin özkütle kavramına sahip olduğu ancak bunu nasıl kullanacağını bilmediği söylenebilir. Bu durum öğrencinin formülleri yüzeysel olarak ezberlediğini; bunların, derinlemesine düşünme gerektiren problemlerin çözümlerinde aktif bir biçimde kullanılmadığını göstermektedir.

Etkinlik 3’te hacim kavramının, oluşturulan çatı içerisine tam olarak oturmadığı gözlenmektedir. 1. sorunun c şıkında hacim tanımı düşünülememiş iken, hacim kavramının diğer bir boyutu olan d şıkkı cevaplanabilmiştir. Aynı zamanda A ve B bloklarının şekillerinin ve hacimlerinin aynı olmasının sonucunda kütle kavramının da aynı olacağı yargısına varılmıştır. Burada bir genellemenin var olduğu söylenebilir. Hacim ve kütlenin aynı olduğu bulgusu kullanılarak $d=m/V$ ifadesi üzerinde düşünülerek özkütleler de eşittir yargısına ulaşılamamıştır.

Etkinlik 3'teki 3. soru ile Etkinlik 9'daki 5. soru hacim ve özkütle kavramlarının kullanımı açısından benzerlikler gösterir. Etkinlik 3'teki 3. sorunun çözümünde izlenilmesi gereken yolda öncelikle; özkütle formülünden hacim değerine ulaşmak, daha sonra bu değeri kürenin hacim formülünde yerine koymaktır. Bu sorunun çözümü sırasıyla özkütle ve hacim formülünün kullanılması şeklinde iki bölüme ayrılabilir. Etkinlik 9'daki 5. sorunun çözümünde izlenilmesi gereken yolda ise öncelikle; kürenin hacim formülünden hacim değerini bulmak ve bu değeri özkütle formülünde kullanarak kütle kavramına ulaştıktan sonra bu değeri $Q=m.c.\Delta T$ ifadesinde kullanmaktır. Bu sorunun çözümü ise sırasıyla hacim, özkütle ve $Q=m.c.\Delta T$ formüllerinin kullanılması şeklinde üç bölüme ayrılabilir. Öğrencinin bu iki soruya vermiş olduğu cevaplar incelendiğinde; öğrencinin soru çözümünde ilk formülleri kullandığı, yani Etkinlik 3'teki 3. soruda özkütle formülünü, Etkinlik 9'daki 5. soruda hacim formülünü yazdığı görülmektedir. Her ne kadar yapılan öğrenci görüşmesinde özkütle tanımı ve formülü öğrenci tarafından söylenebilmesine rağmen, Etkinlik 9'daki 5. sorunun çözümünün devamı olarak özkütle formülü yazılamamıştır. Bu durum, öğrenciye yöneltilen soruların çözümlerinde ilk parçaların (soru çözümlerinin çıkış noktalarının) öğrenci tarafından yapılabildiğini; ancak soruyu çözüme götüren düşünce yolu içerisinde izlenmesi gereken son kısımların, ilk parçalarla bağlantılarının kurulamadığını göstermektedir.

Etkinlik 8 ve 9'a bakılarak $Q=m.c.\Delta T$ ifadesinin etkili bir biçimde kullanılamadığı gözlenmektedir. Örnek olarak; öğrencinin Etkinlik 8'deki 2. soruya vermiş olduğu cevap öğrenci görüşmesinde değerlendirilirken öğrenci, *“özisıları aynı olamayacağına göre, ısı sızgaları farklı olabilir; bu nedenle kütleleri aynıdır”* ifadesini kullanmıştır. Bu yargıya $Q=m.c.\Delta T$ ifadesi yorumlanarak ulaşılmamıştır. Bu durum, öğrencinin ısı sızgasının m.c ile ifade edildiğini bilmediğini gösterir. Ancak Etkinlik 10'daki 4. soru incelendiğinde; öğrenci, 0°C 'de m gram su ile 0°C 'de m gram buzun kütlelerinin eşit ve özisılarının farklı olmasından dolayı ısı sızgalarının farklı olduğu ifade etmiştir. Bu durum, öğrencinin başlangıçta sahip olmadığı ısı sızgası kavramına ilerleyen zaman içerisinde sahip olduğunu göstermektedir. Her ne kadar öğrenci $Q=m.c.\Delta T$ ifadesini içeren problemlere doğru

cevaplar veremese de Etkinlik 6'daki kavram çarkında yazılan ilişkilere bakıldığında $Q=m.c.\Delta T$ ifadesine ait yorumların genel olarak yapılabildiği görülmektedir.

Etkinlik 8'deki 5. sorunun öğrenci görüşmesinde açıklanması istendiğinde; öğrenci, suyun $+4^{\circ}\text{C}$ 'den 0°C 'deki su haline gelirken, su moleküllerinin paketlenerek birbirine yakın bir biçimde dizileceğini ve böylece hacmin azaldığını söylemiştir. Etkinlik 1'de öğrenci “*Yoğunluğun artması, kütlenin soğuduğunu gösterir*” ifadesini kullanmıştır. Öğrenci, Etkinlik 2'de hacim değişimi ile doğru orantılı olanlar sınıfına “sıcaklık ve basınç” kavramlarını dahil etmiştir. Öğrenci bu görüşü, Etkinlik 3'te de kullanarak hacim değişiminin sıcaklık değişimi ile gerçekleşeceğini; yani sıcaklık artınca hacmin artacağı, sıcaklık azalınca hacim azalacağı görüşüne dayalı bir çatı kurmuştur. Etkinlik 8'deki 5. soru bu görüş çerçevesinde cevaplanmıştır. Aslında bu görüş diğer sıvılar için doğru iken, su için bir istisna söz konusudur. Suyun $+4^{\circ}\text{C}$ 'den 0°C 'de su olacak şekilde sıcaklığı azaltıldıkça hacmi artar ve özkütlesi azalır. Öğrenci ise bir maddenin sıcaklığının azalmasına dayalı olarak özkütlenin artacağını iddia etmiştir. Öğrenci bu soruda; suyun hacmi azalınca $d=m/V$ ifadesinden özkütlesinin arttığını; suyun özkütlesi ile cismin özkütlesi arasındaki farktan dolayı, cismin su dışında kalarak yüzeceğini savunmuştur. Öğrencinin bu çerçevede vermiş olduğu cevap, öğrencinin kendine has oluşturduğu mantık temelleri içerisinde tutarlıdır. Öğrenci burada eski öğrenmelerine dayalı bir alternatif çatı geliştirmiş ve buna göre soruyu cevaplamıştır.

Etkinlik 2'de ve Etkinlik 3'te yazılan ifadelerden öğrencinin, hacim değişimi için sıcaklık değişiminin gerektiğini öğrendiğini görmekteyiz. Buna göre geliştirilen çatı Etkinlik 8'de de kullanılmıştır. Ancak 10. Etkinliğe gelindiğinde bu görüş, yeni durumu içine alacak biçimde genişletilmiştir. Etkinlik 10'daki 5b sorusu için 0°C 'de m gram buzun tamamı eriyerek 0°C 'de su haline geçerken hacmin azalacağı doğru cevap olsa da öğrenci, hacmin arttığını ifade etmiştir. Öğrenci, suyun erimesi sırasında sıcaklık değişiminin gözlenmemesinden dolayı hacim değişimini verilen ısıнын sağladığını savunmuştur. Şöyle ki; ısı ve sıcaklık arasındaki ilişki öğrenildikten sonra, hacim değişimi için ısı verilmesi görüşü sıcaklık değişimi görüşünün yerine geçmiştir. Yani maddeye ısı verilince hacminin artacağı görüşü

savunulmuştur. Öğrencinin kurmuş olduğu bu alternatif çatı Etkinlik 8’de kurulan çatı ile tutarlıdır. Yeni kurulan çatı, Etkinlik 8’de mevcut olan çatının yeni kazanılan bilgiler doğrultusunda genişletilmesi ile elde edilmiştir. Bu nedenle sonradan kurulan çatı, bir önceki çatı ile tutarlıdır.

10. Etkinliğin 5b şıkında 0°C ’de m gram buzun tamamı eriyerek 0°C ’de su haline geçerken hacim artar denilmesine karşın 5a şıkında “*özkütle her zaman aynı kalır*” denilmesi ilgi çekicidir. Hal değişimi açısından ele alındığında bu cevabın doğru kabul edilebilmesi için “hacmin değişmemesi gerekir” görüşünün kabul edilmesi gerekir. Öğrenci görüşmesinde özkütlenin nasıl sabit kaldığı sorulduğunda; öğrenci, özkütlenin ayırt edici bir özellik olmasından dolayı sabit kaldığını söylemiştir. Yukarıdaki ifade savunulmaya devam edilerek ve hacim değişimi için sıcaklık değişiminin gerektiği görüşü göz ardı edilerek, 3g şıkında da özkütlenin aynı kaldığı savunulmuştur. Öğrenci Etkinlik 8’de ve 10’da kullandığı “sıcaklık değişince hacim değişir” görüşünün içinde yer aldığı çatıyı hiç kullanmamış, ilk başta var olan “özkütlenin ayırt edici özellik olmasından dolayı maddeler için değişmeyeceği” görüşünün yer aldığı çatıyı kullanmıştır.

Etkinlik 4’teki ısı ve sıcaklık ile ilgili “*Isı, bir enerji birimidir. Isı, bir maddenin sıcaklığına denir. Isı, bir maddenin kendi sıcaklığıdır. Ve ısı, bir termometredir. Sıcaklık, bir maddenin ısısının maddedeki aracıyla ile arttırılmasına sıcaklık denir. Isı, sıcaklıkla doğru orantılıdır. Bir cismin sıcaklığı diğer cisme göre yüksek ise; ısı da yüksektir*” ifadelerinden de anlaşılacağı üzere bu kavramların tam olarak öğrenilmediği gözlenmektedir. Ancak zaman içinde Etkinlik 5’te ısı ve sıcaklık ile ilgili kavramlara ait tanımlarda bazı düzeltmeler olsa da tam öğrenme gerçekleşmemiştir. Etkinlik 5’teki kavram çarkında “*Isı alışverişi, sıcaklığın ve ısının dengelenmesidir. Sıcaklık dengelendikten sonra sıcaklığın farklılaşmasıdır. Ortalama kinetik enerji, sıcaklıktır. Toplam kinetik enerji ısıdır. Sıcaklığın birimi termometredir. Termometre sıcaklıktır*” ifadelerinin yer aldığı görülmektedir. Isı ve sıcaklık kavramlarının maddeyi oluşturan moleküllerin sahip oldukları kinetik enerjiler açısından nitelikli açıklamaları yapılamamıştır. Sıcaklık, ortalama kinetik enerji; ısı ise toplam kinetik enerji şeklinde algılanmıştır. Öğrencinin yazdığı “*Isı*

transferi, bir maddeden diğerine ısı karışmasıdır yani ısıнын aktarılmasıdır” ve “Isı alışverişi, sıcaklığın ve ısıнын dengelenmesidir” ifadeleri, temas ettirilen maddeler arasındaki sıcaklık farkından dolayı bu sıcaklık farkını azaltacak şekilde ısı enerjisinin transfer edildiğinin bilinmediğini gösterir. Son durumda maddelerin kütleleri ve cinslerine bağlı olarak bunların sahip oldukları enerjiler aynı olmayabilir ancak bunların sıcaklıkları dengededir. Öğrenci yukarıda savunduğu ifadelere dayanarak Etkinlik 8’deki 4. soru yanlış cevaplandırmıştır. Etkinlik 4’teki “ısı, bir termometredir” ifadesi, Etkinlik 5’te “sıcaklığın birimi termometredir, termometre sıcaklıktır” şeklinde değiştirilmiştir. Ayrıca kavram sınıflandırmasında termometre, ısı sınıfına dahil edilmeyip; sıcaklık sınıfına dahil edilmiştir. Bu gelişmelerden, her ne kadar termometre ile ilgili yazılan ifadeler yanlış olsa da, öğrencinin termometrenin ısı ile değil, sıcaklık ile ilgili bir kavram olduğunu öğrendiğini göstermektedir. Kavram sınıflandırmasında sıcaklık birimi başlığı altına R $^{\circ}\text{C}$, C $^{\circ}\text{C}$, F $^{\circ}\text{C}$ ve K $^{\circ}\text{C}$ simgelerinin yazılması ilgi çekicidir. Öğrenci görüşmesinde bunların neyi ifade ettikleri sorulduğunda Reaumur derece, Celsius derece, Fahrenheit derece ve Kelvin derece oluşu söylenmiştir. Öğrenci günlük hayatta sıcaklık ölçümlerinde hep Celsius ölçeğini kullandığından derece ifadesini $^{\circ}\text{C}$ şeklinde algılamış ve diğer sıcaklık ölçekleri birimlerini, sıcaklık ölçeğinin isminin yanına $^{\circ}\text{C}$ simgesini yerleştirerek göstermiştir.

Etkinlik 9’daki 6. soruda yer çekiminin zamana etki ettiği düşünülmüş ve böylece kaynama süresi 5 dakika olarak bulunmuştur. Yerçekimi ivmesinin verilen ısı miktarına etki ettiği görüşü, “*Ay’da ısı Dünya’dakine göre daha azdır*” ifadesi ile Etkinlik 9’daki 2. soruda gözlenmiştir. 3. Etkinlik sonucunda yapılan öğrenci görüşmelerinde yerçekiminin kütlenin ve hacmin miktarını değiştirmedeği görüşü benimsense bile; 9. Etkinlikte yerçekiminin, zaman ve verilen ısı miktarı gibi soyut kavramlara etkidiği görüşü ortaya çıkmıştır.

Etkinlik 10’da 2c şikkında “*Moleküller arasındaki çekim kuvveti dağınmıştır*” denilmiştir. Yapılan öğrenci görüşmelerinden anlaşılan ise öğrencinin asıl kastetmek istediği, moleküllerin paketlenmişlik durumlarına göre moleküller arası çekim kuvvetinin az yada çok olmasıdır.

Etkinlik 10'da 4b şıkkında, 0°C 'de m gram su ile 0°C 'de m gram buzun moleküller arası çekim kuvvetinin aynı olduğunun iddia edilmesine karşın; 4d ve 5c sorusunda potansiyel enerjinin farklı olduğu kabul görmüştür ve 2b, 3d ve 3i sorularındaki düzensizlik ile ilgili cevaplar doğru olarak verilmiştir. Hal değişimi sırasında moleküler arası çekim kuvveti ile potansiyel enerji ve düzensizlik arasında ilişkinin tam olarak öğrenilmediği gözlenmektedir. Ayrıca 4d ve 5c sorularına verilen cevaplardan erime sırasındaki sahip olunan potansiyel enerji bilinirken; 2a ve 3c sorularına verilen cevaplardan erime ile buharlaşma arasındaki potansiyel enerji farklarının öğrenci tarafından cevaplanamadığı görülmektedir. Bu durum, öğrencinin bu kavramlar arasındaki ilişkileri tam olarak kuramadığını göstermektedir.

Etkinlik 10'daki 3h sorusunda, maddenin moleküler yapısının ve 4c sorusunda ise 0°C 'de m gram su ile 0°C 'de m gram buzun sahip olduğu moleküllerinin sayısının değiştiği iddia edilmiştir. Öğrenci görüşmesinde bu durum sorulduğunda; öğrenci, maddeye ısı verildiğinde maddeyi oluşturan moleküller arası çekim kuvvetinin zayıflamasından dolayı moleküllerin birbirinden koptuğunu böylece molekül sayısı ve molekül yapısının bozulduğunu söylemiştir.

Öğrencinin, madde ve özellikleri ile ilgili kavram çarkında “metreküp” kavramını hiçbir kavramla ilişkilendirmediği görülmektedir. Ancak öğrenciye “metreküp neyin birimidir?” sorusu yöneltildiğinde öğrenci “*hacim*” cevabını verebilmektedir. Isı ve sıcaklık ile ilgili kavram çarkında “enerji ve kalorimetre kabı” kavramlarının diğer kavramlarla ilişkisinin kurulmadığı görülmektedir. Ancak diğer yazılan ifadeler incelendiğinde ısı tanımı enerji ile yapılmıştır. Bu durum öğrencinin bu kavrama sahip olduğunu gösterir. Kalorimetre kabı ise kavram sınıflandırmasında, ısı başlığı altındaki sınıfa dahil edilmiştir. Isıtılan maddeye verilen enerji ile ilgili kavram çarkındaki tüm kavramlar kullanılmıştır. Bu durum, bu kavramların tamamının öğrenci için anlamlı olduğunu gösterir.

3. 1. 2. Öğrenci B'nin Etkinliklere Vermiş Olduğu Cevaplar

3. 1. 2. 1. Madde ve Özellikleri ile İlgili Kavram Çarkının Değerlendirilmesi (Etkinlik-1)

1-7: Eşit kollu terazi ile ölçülen cismin kütle birimi, kilogram'dır.

1-10: Eşit kollu terazi ile kütle çekim ivmesi arasındaki ilişki $G=m.g$ olduğu için vardır.

1-11: Eşit kollu terazi ile kütle çekim kuvveti arasındaki ilişki cismin kütle ve ağırlık birimleri N/kg $g=m/G$ olduğundan vardır.

1-13: Kütlede yola çıkarak ağırlık bulunur. Ağırlık, eşit kollu terazi ile ölçülür.

2-4: Kütle ile yoğunluk arasındaki ilişki, $d=m/V$ şeklindedir.

2-7: Kütle birimi, kilogram'dır.

2-6-10: Kütle çekim kuvveti ve kütle çekim ivmesi, kütle birimidir. Cismin ağırlığı kütle, kütle çekim kuvveti ve kütle çekim ivmesi ifadeleri ile bulunur.

2-6-10-13: Kütle, kütle çekim kuvveti, kütle çekim ivmesi ve ağırlık birbiriyle ilişkilidir.

3-5: Öz ağırlık, hacim ile bulunur. Öz ağırlık $=G/V$ olduğundan ilişkilidir.

3-9: Hacim birimi metreküp'tür.

3-13: Öz ağırlık=Ağırlık/Hacim'dir.

4-12: Yoğunluk ve özkütle ayırt edici özelliktir.

5-13: Öz ağırlık $=G/V$ 'dir.

6-13: Ağırlığa etki eden kuvvet, kütle çekim kuvvetidir.

7-11: Newton/kg içinde kilogram birimi var.

8-11: Newton/kg içinde Newton birimi var.

8-13: Ağırlığın birimi, Newton'dur.

10-13: Ağırlığa, kütle çekim ivmesi de etki eder.



3. 1. 2. 2. Madde ve Özellikleri ile İlgili Kavram Sınıflandırması
(Etkinlik-2)

Madde

katı
sıvı
gaz

Kütle

katıların kütlesi
sıvıların kütlesi
gazların kütlesi

Hacim

katıların hacmi
sıvıların hacmi
gazların hacmi
geometrik olmayan
cisimlerin hacimleri
geometrik biçimli
cisimlerin hacimleri

Özkütle

katıların özkütlesi
sıvıların özkütlesi
gazların özkütlesi

Ağırlık

Newton
kütle çekim kuvveti
kütle çekim ivmesi
eşit kollu terazi

Maddenin Ortak Özellikleri

kütle
eylemsizlik
hacim

Değişen Etmenler

basınç
sıcaklık

Ayırt Edici Özellikler

yoğunluk
özkütle

3. 1. 2. 3. Tablo 3. 5. Madde ve Özellikleri ile İlgili Sorulara ait Değerlendirme Tablosu (Etkinlik-3)

SIRA	KAVRAMLAR	İLGİLİ OLAN SORU	SORUNUN İÇERİĞİ	SORUYA VERİLEN DOĞRU CEVAP	SORUYA VERİLEN YANLIŞ CEVAP	AÇIKLAMALAR
1	Hacim Kavramı	1c	Hacim tanımı	+		
		1d	Hacim tanımı	+		
		3	Kürenin hacim ifadesi	+		
		3	Özkütle formülünü kullanarak hacim kavramına ulaşma	+		
		9	Hacim değişimi		+	Ay'da hacim azalır.
2	Kütle Kavramı	5	Hacmin sıcaklık ve basınç ile değişimi	+		
		2	Hacmin sıcaklık ve basınç ile değişimi	+		
		9	Kütle değişimi		+	Ay'da kütle azalır.
		1a	Kütle tanımı	+		
		4	Ağırlık değişimi	+		
3	Ağırlık Kavramı	6	Ağırlık değişimi			Kullanılmamış.
		9	Ağırlık değişimi	+		
		3	Özkütle formülü	+		
		2	Özkütlenin, hacim değişimi ile değişmesi	+		
		5	Özkütlenin, hacim değişimi ile değişmesi	+		
4	Özkütle Kavramı	1b	Özkütle tanımı	+		
		6	Özgül ağırlık formülü		+	$\delta = \frac{g}{m / V}$
		2	Özgül ağırlığın, yerçekimi ivmesinin değişmesi ile değişimi	+		
		2	Özgül ağırlığın, özkütlenin değişimi ile değişmesi		+	
		7	Yerçekimi tanımı	+		
6	Yerçekimi Kavramı	8	Eylemsizlik tanımı	+		
7	Yerçekimi İvmesi Kavramı	6	Yerçekimi ivmesinin değişimi	+		Ay'daki yerçekimi 10/6 alınmış.
		9	Yerçekimi ivmesinin değişimi	+		
		2	Yerçekimi ivmesinin değişimi	+		
		4	Yerçekimi ivmesinin değişimine ait yorum	+		

3. 1. 2. 4. Isı ve Sıcaklık ile İlgili Sorular (Etkinlik-4)

Isı ve sıcaklık nedir? Tanımlayınız.

Bir maddeye ısı verildiğinde moleküllerin hızı ve hareketliliği artar. Bu artış, sıcaklık olarak ölçülür. Sıcaklık ile ısı doğru orantılıdır. Isı arttıkça sıcaklık da artar.

Isı, enerji çeşididir. Kalorimetre kabı ile ölçülür. Birimi joule veya kalori'dir.

Sıcaklık, ısı ile değişen bir büyüklüktür. Termometre ile ölçülür. Birimi değişkendir.

$^{\circ}\text{C}$, $^{\circ}\text{K}$, $^{\circ}\text{F}$ ve $^{\circ}\text{R}$ olabilir. Bir cismin sıcaklığı diğer cisme göre yüksek ise; ısı da yüksektir.

3. 1. 2. 5. Isı ve Sıcaklık ile İlgili Kavram Çarkının Değerlendirilmesi (Etkinlik-5)

- 1-2: Isı, bir enerji çeşidi olduğu için ilişkilidir.
- 1-3: Isı arttıkça sıcaklık arttığı için ilişkilidir.
- 1-5: Isının tanımında, toplam kinetik enerji olduğu için ilişkilidir.
- 1-7: Isı, kalorimetre kabı ile ölçülür.
- 1-8: Isı birimi, joule'dür.
- 1-9: Isı birimi, kalori'dir.
- 1-15: Isı alışverişi, maddenin ısisına bağlıdır.
- 1-16: Isının değeri, her zaman mutlak sıfırdır.
- 1-17: Bir maddenin ısisından diğer maddeye ısı aktarılmasına ısı transferi denir.
- 1-18: Bir madde ısı aldığında, bu ısıya alınan ısı denir.
- 1-19: Bir madde ısı verdiğiinde, bu ısıya verilen ısı denir.
- 1-20: Maddenin ısınması kütleye bağlıdır.
- 1-2-16: Isı enerjisinin değeri mutlak sıfırdır.
- 2-4: Enerjinin bir kolu, ortalama kinetik enerjidir.
- 2-5: Enerjinin bir kolu, toplam kinetik enerjidir.
- 2-7: Isı, bir enerji çeşidi olduğu için kalorimetre kabı ile ölçülür.
- 2-9: Isı, enerji olduğundan kalori ile ilişkilidir.
- 2-15: Isı, enerji olduğundan ısı enerjisi alışverişi olur.
- 3-4: Sıcaklığın tanımında, ortalama kinetik enerji vardır.
- 3-6: Sıcaklık, termometre ile ölçülür.
- 3-10: Celsius, sıcaklık birimidir.
- 3-11: Kelvin, sıcaklık birimidir.
- 3-12: Reaumur, sıcaklık birimidir.
- 3-13: Fahrenheit, sıcaklık birimidir.
- 3-14: Sıcaklık değişimi, sıcaklığın alt başlığıdır.
- 3-15: Maddenin sıcaklığına bağlı olarak ısı alışverişi olur.

6-10: Celsius, bir termometre çeşididir.

6-11: Kelvin, bir termometre çeşididir.

6-12: Reaumur, bir termometre çeşididir.

6-13: Fahrenheit, bir termometre çeşididir.

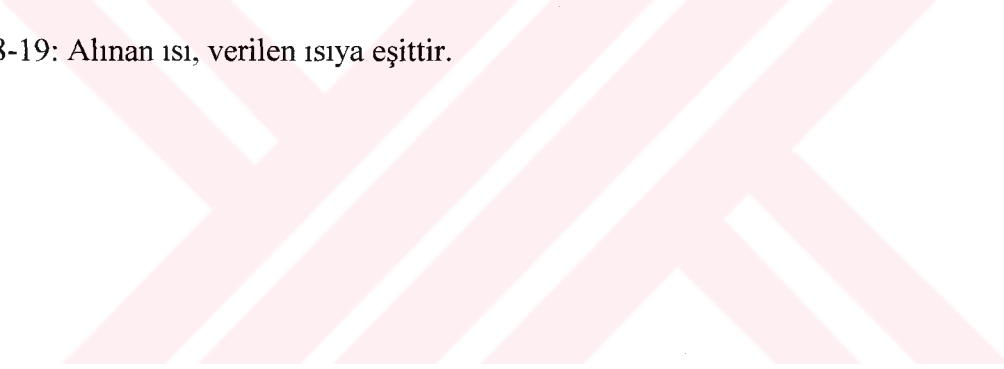
7-8: Joule, kalorimetre kabının ölçü birimidir.

7-9: Kalori, kalorimetre kabının ölçü birimidir.

8-9: Joule ve Kalori ısı birimidir.

10-11-12-13: Celsius, Kelvin, Reaumur ve Fahrenheit sıcaklık birimleridir.

18-19: Alınan ısı, verilen ısıya eşittir.



3. 1. 2. 6. Isıtılan Maddeye Verilen Enerji ile İlgili Kavram Çarkının Değerlendirilmesi

(Etkinlik-6)

1-2: Aynı miktardaki farklı maddelere aynı miktar ısı verildiği halde sıcaklıkları aynı olmaz. O yüzden, ısıyla madde cinsi doğru orantılıdır.

1-3: Isıları farklı maddelerde ısı alışverişi olacağından bazen sıcaklık değişimi eşit olmayabilir.

1-4: Aynı maddelere ısı verildiğinde sıcaklığı artacağından sıcaklığın fazla ve az olmasına madde miktarı etki eder. Isı, farklı miktardaki maddelere verilirse sıcaklıkları aynı olamaz.

1-5: Maddeye verilen ısı miktarı, zamana göre farklılık gösterir. Bir maddeye ne kadar çok süre ısı verilirse sıcaklığı da o derece fazla olacaktır.

2-3: Sıcaklık değişimini, maddenin cinsi etkiler. Sıcaklık değişimi, madde cinsine göre eşit olmayabilir.

3-4: Sıcaklık değişimi, maddenin miktarına göre değişir.

3-5: Madde miktarı ne kadar az olursa zaman içerisindeki sıcaklık farkı o kadar yüksek olur.

3. 1. 2. 7. Isı ve Sıcaklık ile İlgili Kavram Sınıflandırması
(Etkinlik-7)

Değişen Özellikler

kütle

Enerji ve Isı

ısı
toplam kinetik enerji
hal değişimi

Ayırt Edici Özellikler

özkütle
basınç
madde cinsi

Ölçü Birimleri ve Aletleri

celsius
kelvin
reaumur
fahrenheit
kalorimetre kabı
joule
kalori
termometre

Sıcaklık

hal değişimi
ortalama kinetik enerji
mutlak sıfır

Sıcaklık Değişimi

madde miktarı
madde cinsi
ısı alışverişi
alınan ısı
verilen ısı
ısı transferi

İki Termometre Arasındaki Ortak Bağını

mutlak sıfır

3. 1. 2. 8. Tablo 3. 6. Isı ve Sıcaklık ile İlgili Sorular-1'e ait Değerlendirme Tablosu (Etkinlik-8)

SIRA	KAVRAMLAR	İLGİLİ OLAN SORU	SORUNUN İÇERİĞİ	SORUYA VERİLEN DOĞRU CEVAP	SORUYA VERİLEN YANLIŞ CEVAP	AÇIKLAMALAR
1	$Q=m.c.\Delta T$	1	$Q=m.c.\Delta T$ ifadesinin kullanımı	+		
		3	$Q=m.c.\Delta T$ ifadesinin kullanımı	+		
		2	$Q=m.c.\Delta T$ ifadesinin yorumu		+	
2	Özısı kavramı	2a	$Q=m.c.\Delta T$ ifadesinde özısı kavramını yorumlama		+	Özısıları aynı olan maddelerin sıcaklık artışları aynı olur. Özısının aynı olması aynı cins madde demektir.
		3	$Q=m.c.\Delta T$ ifadesini kullanarak özısı kavramına ulaşma	+		
3	Isı sıgası kavramı	2c	$Q=m.c.\Delta T$ ifadesini kullanarak sıgası kavramına ulaşma		+	
		3	$Q=m.c.\Delta T$ ifadesini kullanarak sıgası kavramına ulaşma	+		
		5	Özgül ısı kavramını yorumlama	+		
4	Özgül ısı kavramı	4a	Isı değişimi kavramını yorumlama		+	
5	Isı değişimi kavramı	4b	Sıcaklık değişimi kavramını	+		
6	Sıcaklık değişimi kavramı	4c	Son sıcaklık kavramı	+		
7	Son sıcaklık kavramı					
8	Kütle kavramı	2b	$Q=m.c.\Delta T$ ifadesinde kütle kavramını yorumlama			Kütle dikkate alınmamış.
9	Hacim kavramı	5	Sıcaklık kavramını kullanarak hacmi yorumlama		+	Su soğuyunca moleküller sıkışır, hacmi azalır ve yoğunluğu artar.

3.1.2.9. Tablo 3. 7. Isı ve Sıcaklık ile İlgili Sorular-2'ye ait Değerlendirme Tablosu (Etkinlik-9)

SIRA	KAVRAMLAR	İLGİLİ OLAN SORU	SORUNUN İÇERİĞİ	SORUYA VERİLEN DOĞRU CEVAP	SORUYA VERİLEN YANLIŞ CEVAP	AÇIKLAMALAR
1	Q=m.c.ΔT	1	Q=m.c.ΔT ifadesinin kullanımı	+		
		3	Q=m.c.ΔT ifadesinin kullanımı	+		
		5	Q=m.c.ΔT ifadesinin kullanımı	+		
2	Ağırlık kavramı	6	Q=m.c.ΔT ifadesinin yorumu			Q=m.C.ΔT formülü yazılmış ΔT boş bırakılmış.
3	Özkütle kavramı	3	Ağırlık formülünün kullanımı	+		
		6	Ağırlık değişimi	+		
		1	Özkütle formülünün kullanımı			Özkütle formülü kullanılmamış.
4	Hacim kavramı	5	Özkütle formülünün kullanımı	+		
		4	Özkütle kavramının yorumu	+		
		5	Kürenin hacim ifadesi	+		
5	Kütle kavramı	4b	Özkütle formülünü kullanarak hacim kavramına ulaşma	+		
		4c	Gazların hacmini hatırlama	+		Odanın içinde her yere yayılır.
		1	Özkütle formülünü kullanarak kütle kavramına ulaşma		+	m=0,8 g/cm ³ alınmış.
6	Kaynama	3	Ağırlık formülünü kullanarak kütle kavramına ulaşma	+		
		5	Özkütle formülünü kullanarak kütle kavramına ulaşma	+		
		4a	Kaynama sonucunda buharlaşma olayını hatırlama	+		
6	Kaynama	2	Basınç ile kaynamanın gerçekleşmesini hatırlama	+		Kaynardı. Çünkü Ay'da sadece ağırlık değişirdi. Kaynama değişmezdi.
		6	Basınç ile kaynamanın gerçekleşmesini hatırlama		+	m=600g alınmış kütle miktarı ile zaman arasında orantı kurulmuş.

3. 1. 2. 10. Tablo 3. 8. Isı ve Sıcaklık ile İlgili Sorular-3'e ait Değerlendirme Tablosu (Etkinlik-10)

SIRA	KAVRAMLAR	İLGİLİ OLAN SORU	SORUNUN İÇERİĞİ	SORUYA VERİLEN DOĞRU CEVAP	SORUYA VERİLEN DOĞRU CEVAP	AÇIKLAMALAR
1	Moleküller Arası Çekim Kuvveti kavramı (M.A.Ç.K.)	1a	M.A.Ç.K. tanımı	+		
		1b	M.A.Ç.K. tanımı	+		
		1c	M.A.Ç.K. tanımı	+		
		1d	M.A.Ç.K. tanımı	+		
		2c	M.A.Ç.K. tanımı	+		
		3a	M.A.Ç.K. ile Potansiyel Enerji arasındaki ilişki	+		
2	Potansiyel enerji kavramı	4b	M.A.Ç.K. tanımı	+		
		2a	Potansiyel Enerji tanımı	+		
		3c	Potansiyel Enerji tanımı	+		
		4d	Potansiyel Enerji tanımı	+		
		5c	Potansiyel Enerji tanımı	+		0 °C'deki buz 0 °C'de su haline gelirken Potansiyel Enerji artar.
3	Düzensizlik kavramı	2b	Düzensizliğin tanımı	+		
		3d	Düzensizliğin tanımı	+		
		3i	Düzensizliğin tanımı	+		
4	Kinetik Enerji kavramı	3b	Kinetik Enerji tanımı	+		
		6a	Kinetik Enerji tanımı	+		
		6b	Kinetik Enerji tanımı	+		
		3e	Hacim tanımı	+		
		4a	Hacim tanımı	+		
5	Hacim kavramı	5b	Hacim tanımı		+	0 °C'deki buz 0 °C'de su haline gelirken hacimi artar.
6	Kütle kavramı	3f	Kütle tanımı	+		
		4f	Kütle tanımı	+		
7	Özkütle kavramı	3g	Özkütle tanımı	+		
		5a	Özkütle tanımı	+		0 °C'deki buz 0 °C'de su haline gelirken özkütlesi artar.
8	Moleküler yapı kavramı	3h	Moleküler yapı tanımı		+	
9	Molekül sayısı kavramı	4c	Molekül sayısı tanımı	+		
10	Isı sıgası kavramı	4e	Isı sıgası tanımı	+		
11	Ortalama Kinetik Enerji kavramı	6d	Ortalama Kinetik Enerji tanımı		+	
12	Toplam Kinetik Enerji kavramı	6c	Toplam Kinetik Enerji tanımı	+		

3. 1. 2. 11. Öğrenci B'ye ait Etkinliklerin Değerlendirmesi:

Etkinlik 1'deki kavram çarkında kullanılan ifadeler incelendiğinde; “*Eşit kollu terazi ile kütle çekim ivmesi arasındaki ilişki $G=m.g$ olduğu için vardır. Kütleden yola çıkarak ağırlık bulunur. Ağırlık, eşit kollu terazi ile ölçülür*” şeklindeki ifadelerden ağırlık ve kütlenin aynı araç tarafından ölçüldüğü algılamasına öğrencinin sahip olduğu görülmektedir. Bu görüşü doğrular bir biçimde Etkinlik 2'deki kavram sınıflandırmasında ağırlık başlığı altına “eşit kollu terazi” kavramı dahil edilmiştir. Öğrenci kütle biriminin kilogram, ağırlık biriminin Newton olduğunu kavram çarkında belirtmiştir. Ancak bunlar arasındaki ilişki, “*Cismin kütle ve ağırlık birimleri N/kg , $g=m/G$ 'dir*” şeklinde belirtilmiştir. Yapılan öğrenci görüşmesinde ise N/kg 'ın kütle çekim ivmesinin birimi olduğu söylenmiştir. “*Kütle çekim kuvveti ve kütle çekim ivmesi, kütlenin parçasıdır. Cismin ağırlığı kütle, kütle çekim kuvveti ve kütle çekim ivmesi ifadeleri ile bulunur. Kütle, kütle çekim kuvveti, kütle çekim ivmesi ve ağırlık birbiriyle ilişkilidir. Ağırlığa etki eden kuvvet, kütle çekim kuvvetidir*” ifadelerine bakıldığında öğrencinin, ağırlık ve kütle çekim kuvveti arasındaki ilişkiyi açık bir biçimde ortaya koyamadığı görülmektedir. Görüşmelerde öğrenciden ağırlık ve kütle çekim kuvveti arasındaki ilişkiyi anlatması istenildiğinde öğrenci nitelikli açıklamalar getirememiştir.

Etkinlik 2'deki kavram sınıflandırmasında, ayırt edici özellikler sınıfına “özkütle ve yoğunluk” kavramları; değişen etmenler sınıfına “sıcaklık ve basınç” kavramları dahil edilmiş iken; Etkinlik 7'deki kavram sınıflandırmasında ayırt edici özellikler sınıfı içerisine “özkütle, basınç ve madde cinsi” kavramları dahil edilmiştir. Burada ayırt edici özellikler sınıfındaki kavramlar ile değişen etmenler sınıfındaki kavramlar arasında bir yarışmanın olduğu ve bu yarışma sonucunda “özkütle ve basınç” kavramların ayırt edici özellikler sınıfında beraber ortaya çıktığı yorumu yapılabilir. Öğrenciye “*madde cinsi*”nden kastının ne olduğu sorulduğunda “*alkol veya su gibi farklı madde olması*” cevabı alınmıştır. Bu durum öğrencinin maddelerin hangi değerlerine göre farklı kabul edildiklerini anlamadığını göstermektedir.

Öğrenci tarafından ağırlığın çeşitli ortamlarda değiştiği öğrenilmiştir. Etkinlik 3'te, 2., 4., 6. ve 9. sorularda yerçekiminin değişebileceği dolayısıyla; ağırlığın değişebileceği yani azaldığı söylenmektedir. Ancak öğrenci genelleme yaparak; ağırlık ile birlikte kütle ve hacmin de değişebileceğini söyleyerek kütle ve hacim değerlerinin Ay'da 1/6 oranında azaldığını iddia etmektedir. Öğrencinin kütle kavramını değişir olarak almasının nedeni, Etkinlik 2'deki kavram sınıflandırmasında değişen özellikler sınıfına "kütle" kavramının dahil edilmesi gösterilebilir. Yapılan öğrenci görüşmesinde kütle değişmeyeceği kabul edilmiştir. Etkinlik 9'a gelindiğinde ise kütle kavramı tekrar karıştırılmaya başlanmıştır. Etkinlik 9'daki 1. soruda, özkütle formülünden kütle değerinin bulunup $Q=m.c.\Delta T$ ifadesinde kullanılması gerekirken; özkütle değeri, $m=0,8 \text{ g/cm}^3$ şeklinde kütle değerine eşit alınmıştır. Yine aynı etkinlikteki 2. soruya verilen cevaba bakıldığı zaman "Ay'da sadece ağırlığın değiştiği, kaynamanın değişmediği" ifade edilmesine rağmen 6. soruda Ay'da kütle değiştiğine dair görüş yeniden ortaya çıkmıştır. Dünya'da 1000 g gelen suyun kütlesi Ay'da 600 g alınmıştır. Bu verilerden öğrencinin kütle kavramını tam olarak öğrenmediği gözlenmektedir. Öğrenci, soruya çözüm üretmede yetersiz kaldığında yanlış algılamalara yeniden başvurmaktadır. Yani yanlış algılamalar zaman içinde kendilerini gösterir nitelikte olduğundan bunları tamamen ortadan kaldırmak oldukça zordur.

Etkinlik 3'teki 6. soruda özağırlık olarak $\delta = \frac{g}{m/V}$ alınmıştır. Olması gereken

formül $\delta = \frac{m}{V} g$ 'dir. Yani yerçekimi ivmesinin özkütleyle bölümü değil; özkütle ile yerçekimi ivmesinin çarpımıdır. Öğrenci, özağırlığa etki eden faktörler olarak yerçekimi ve özkütle kavramlarını hatırlamış, ancak bunlar arasındaki ilişki yanlış hatırlanmıştır. Yani burada kavramların var olduğu ancak yanlış şekilde yerleştirildikleri söylenebilir. Etkinlik 1'i oluşturan kavram çarkı incelendiğinde "Özağırlık= G/V " şeklinde yazıldığı görülmektedir. Bu açıdan bakıldığında, öğrencinin, özkütleyi de içine alan özağırlık formülünü bu sorudan önce kullanmadığı görülmektedir. Bundan önce hiç kullanılmamış olan ifade Etkinlik 3'te

6. soruda da kavramlar yanlış yerleştirilerek özağırlık ifadesi, $\delta = \frac{g}{m/V}$ şeklinde ortaya çıkmıştır.

Etkinlik 10'daki 6. soruda bir maddeyi oluşturan moleküllerin her birinin kinetik enerjisinin birbirinden farklı olduğu söylenmesine rağmen moleküllerin ortalama kinetik enerjilerindeki artışın sıcaklık artışından kaynaklandığı fark edilememiştir. Bunun nedeni olarak, öğrencinin sıcaklık tanımını yaparken “moleküllerin bulunduğu ortamdaki sıcaklığa bağlı olarak hızlarının artması ve buna bağlı olarak da moleküllerin kinetik enerjilerindeki artışın termal enerjideki artışa karşılık gelir” şeklinde daha üst seviyede anlamayı gerektiren bir açıklamayı yapmamış olması gösterilebilir. Öğrenci Etkinlik 4'te “*Bir maddeye ısı verildiğinde moleküllerin hızı ve hareketliliği artar. Bu artış, sıcaklık olarak ölçülür. Sıcaklık, ısı enerjisinin şiddetidir*” ve Etkinlik 5'teki kavram çarkında “*sıcaklığın tanımında ortalama kinetik enerji vardır*” şeklinde ifadeler kullanılmış ve Etkinlik 7'de kavram sınıflandırmasında ortalama kinetik enerji sıcaklık sınıfına dahil edilmiştir. Öğrencinin kurmuş olduğu bu ilişkiler, sıcaklık tanımının basit seviyede algılandığını ve “ısı ve sıcaklık” tanımını atomik veya moleküler temeller içinde derinlemesine düşünemediğini göstermektedir.

Etkinlik 6'daki kavram çarkında “*Farklı maddelere aynı miktar ısı verildiği halde sıcaklıkları aynı olmaz. O yüzden ısıyla madde cinsi doğru orantılıdır*” ifadesi kullanılması ilgi çekici bir bulgudur. Öğrenci görüşmesinde bu ifadenin açıklanması istendiğinde, alkol ve suya aynı miktar ısı enerjisi verildiğinde bu maddelerdeki sıcaklık değişimlerinin aynı olmadığı söylenmiştir.

Etkinlik 5'teki kavram sınıflandırmasında “*Isının değeri her zaman mutlak sıfırdır*” ve “*Isı enerjisinin değeri mutlak sıfırdır*” ifadesi kullanılmıştır. Etkinlik 7'deki kavram sınıflandırmasına bakıldığında mutlak sıfırın sıcaklık ve iki termometre arasındaki ortak bağıntı başlığı altına dahil edildiği gözlenmektedir. Öğrenci görüşmesinde “mutlak sıfır nedir?” sorusu yöneltildiğinde öğrenci tanım yapamamıştır. Kelvin ölçeği, ipucu olarak verilince mutlak sıfırın -273°C 'ye eşit

olduğu söylenmektedir ancak yine de mutlak sıfır noktası ile enerji arasında bir bağlantı kurulamamıştır.

Etkinlik 8'deki 5. sorunun açıklanması istenildiğinde öğrenci, suyun $+4^{\circ}\text{C}$ 'den 0°C 'ye doğru soğutulunca suyu oluşturan moleküllerin sıkışmasından dolayı yapının daha düzenli hale geleceğini, bundan dolayı da hacminin azaldığını iddia etmiştir. Moleküllerin düzenliliği ile hacim arasında bir ilişki kurulmuştur. Bu şekilde bir ilişkinin var olmasına karşın bu ilişki $+4^{\circ}\text{C}$ 'den 0°C 'ye doğru soğutulan su için biraz farklıdır. Şöyle ki; su molekülleri düzenli hale geçerken hacimleri azalmak yerine artar. Öğrencinin görüşüne dönülürse; $d=m/V$ ifadesine göre hacim azalırsa özkütle artar. Öğrencinin ulaştığı bu görüş, kurulan alternatif çatının kendi temelleri içinde doğru olarak işlediğini göstermektedir. Eğer öğrencinin bu soruya vermiş olduğu cevaba ait görüşün tam tersi düşünülürse, 0°C 'deki suyun $+4^{\circ}\text{C}$ 'ye doğru ısıtılırsa hacmi artar şeklinde bir yorum elde edilir. Öğrencinin kurmuş olduğu bu çatının Etkinlik 10'da 0°C 'de m gram buzun tamamı eriyerek 0°C 'de m gram su haline geçişi sırasında hacim değişimini içene alacak şekilde genişletilmiştir. Yani öğrenci, Etkinlik 10'da 0°C 'de m gram buzun tamamı eriyerek 0°C 'de m gram su haline gelirken hacmin arttığını ifade etmektedir. Bu görüşe dayanarak $d=m/V$ ifadesinden özkütlenin azalması gerekir. Ancak öğrenci özkütlenin arttığını iddia etmiştir. Burada bir çelişki vardır. Bu çelişki öğrencinin “suyun özkütlesinin buzun özkütlesinden büyüktür” şeklinde sahip olduğu ezbere dayalı bilgiye dayanır. Eğer öğrenci bu ezber bilgiye sahip olmasaydı, $d=m/V$ ifadesinden özkütlenin nasıl değişmesi gerektiğini yorumlayabilirdi. Bu ezber bilgi öğrencinin kurmuş olduğu çatıya oturmamaktadır. Bu nedenle öğrenci görüşmesinde hacim artışı ile özkütle artışının nasıl meydana geldiği öğrenciden anlatılması istenildiğinde öğrencinin çelişki yaşadığı gözlenmiştir.

Etkinlik 8'deki 2. soruya doğru olarak cevap verilmemiştir. İki cisme eşit miktarda ısı verildiğinde, her ikisinin de sıcaklığının eşit miktarda arttırabilmek için “Özısıları aynı olan maddelerin sıcaklık artışları aynı olur. Özısıların aynı olması aynı madde olduğunu gösterir” ifadeleri kullanılarak maddelerin miktarları yani

kütleler dikkate alınmamıştır. Dolayısıyla da ısı sığası kavramına ulaşamamıştır. Ancak Etkinlik 10'daki 4e sorusunda öğrenci, 0°C 'de m gram su ile 0°C 'de m gram buzun aynı madde olmalarına rağmen özısılarının farklı olduğunu bilmesinden ve kütlelerin eşit olmasından dolayı buz ve suyun ısı sığalarının farklı olduğu yargısına ulaşmıştır. Bu durum öğrencinin özısı ve ısı sığası kavramlarını zaman içinde öğrendiğini göstermektedir.

Etkinlik 8'deki 4. soruya bakıldığında, sıcaklıkları farklı olan, aynı cins $2m$ ve m kütleli cisimlerin temas ettirilmesi sonucunda bu cisimlerin son sıcaklıklarının eşit olduğu ifade edilmesine rağmen; ısı alışverişinin eşitliği hatırlanamamıştır. Etkinlik 5'teki kavram çarkında yazılan ifadelerle bakıldığında ise *“Alınan ısı, verilen ısıya eşittir”* ve *“Maddenin sıcaklığına bağlı olarak ısı alışverişi olur”* ifadelerinin yanı sıra *“Isı alışverişi, maddenin ısisına bağlıdır”*, *“Maddenin ısınması kütleye bağlıdır”*, *“Isı, enerji olduğundan ısı enerjisi alış veriş olur”* gibi ifadeler kullanılmıştır. Sıcaklık farkı ve ısı alışverişi kavramları arasındaki ilişkinin sağlam bir biçimde öğrenilmediği gözlenmektedir. *“Isı alışverişinde sıcaklık farkını ortadan kalkana kadar ısı transfer edilir”* şeklinde daha üst düzey ilişkinin kurulması yerine öğrencinin kavram çarkında kurmuş olduğu ifadeler daha basit düzeydedir.

Etkinlik 8 ve Etkinlik 9 incelendiğinde öğrencinin $Q=m.c.\Delta T$ ifadesinin genel olarak doğru kullanıldığı görülmektedir. $Q=m.c.\Delta T$ ifadesindeki kavramlar arasındaki ilişkileri ortaya çıkartmayı amaçlayan Etkinlik 6'daki kavram çarkında genel olarak ilişkiler doğru olarak ifade edilmiştir.

Hal değişiminde moleküler yapının değiştiği kanısına Etkinlik 10'daki 3h sorusunda gözlenmiştir. Öğrenci görüşmesinde ise öğrenci suyun gene her zaman su olduğu ifade etmiştir. Bu durumda öğrencinin moleküler yapının değişmesi görüşünden kastettiği hidrojen ve oksijen olarak bağların kırılması değil; moleküler arası uzaklığın değişmesidir.

Uygulanan kavram çarklarındaki tüm kavramlar arasında ilişkiler kurulmuştur.

3. 1. 3. Öğrenci C'nin Etkinliklere Vermiş Olduğu Cevaplar

3. 1. 3. 1. Madde ve Özellikleri ile İlgili Kavram Çarkının Değerlendirilmesi (Etkinlik-1)

1-2: Kütle, eşit kollu terazi ile ölçülür.

1-13: Kütle yardımı ile ağırlık bulunur.

2-3: Kütle ve hacim maddenin değişmez özellikleridir. Ayrıca bunların bölümü özkütleyi verir.

2-4: Kütlenin hacme bölümü yoğunluğu verir. $d = \text{kütle/hacim}$ 'dir.

2-6: Kütle çekim kuvveti, kütlenin çekim kuvvetidir.

2-7: Kilogram, kütlenin birimidir.

2-10: Kütle çekim ivmesi, kütlenin çekim ivmesidir.

2-12: Kütlenin hacme bölümü özkütleyi verir. $d = m/V$ 'dir.

2-13: Ağırlık, kütle ile yerçekimi ivmesinin çarpımı ile bulunur. $G = m \cdot g$ 'dir.

3-9: Hacim birimi, metreküp'tür.

3-13: Özağırlık, ağırlığın hacme bölümü ile bulunur. $\delta = G/V$ 'dir.

4-12: Yoğunluk, özkütle demektir.

5-12: Özağırlık, özkütle ile yerçekimi ivmesinin çarpımına eşittir. $\delta = d \cdot g$ 'dir.

8-13: Ağırlık birimi, Newton'dur.

10-11: Kütle çekim ivmesinin birimi, Newton/kg'dır.

3. 1. 3. 2. Madde ve Özellikleri ile İlgili Kavram Sınıflandırması (Etkinlik-2)

Madde

katı
sıvı
gaz

Kütle

katıların kütlesi
sıvıların kütlesi
gazların kütlesi
eşit kollu terazi

Maddenin Hacimleri

katıların hacmi
sıvıların hacmi
gazların hacmi

Özkütle

katıların özkütlesi
sıvıların özkütlesi
gazların özkütlesi
yoğunluk

Cisimlerin Hacimleri

geometrik olmayan
cisimlerin hacimleri
geometrik biçimli
cisimlerin hacimleri

Ağırlık

Newton
kütle çekim kuvveti
kütle çekim ivmesi
kütle

Maddenin Ortak Özellikleri

kütle
eylemsizlik
hacim

Hacmi Değiştiren Etmenler

basınç
sıcaklık

3.1.3.3. Tablo 3. 9. Madde ve Özellikleri ile İlgili Sorulara ait Değerlendirme Tablosu (Etkinlik-3)

SIRA	KAVRAMLAR	İLGİLİ OLAN SORU	SORUNUN İÇERİĞİ	SORUYA VERİLEN DOĞRU CEVAP	SORUYA VERİLEN YANLIŞ CEVAP	AÇIKLAMALAR
1	Hacim Kavramı	1c	Hacim tanımı	+		
		1d	Hacim tanımı		+	
		3	Kürenin hacim ifadesi	+		
		3	Özkütle formülünü kullanarak hacim kavramına ulaşma	+		
		9	Hacim değişimi		+	Ay'da hacim artar.
2	Kütle Kavramı	5	Hacmin sıcaklık ve basınç ile değişimi	+		
		2	Hacmin sıcaklık ve basınç ile değişimi	+		
		9	Kütle değişimi		+	
		1a	Kütle tanımı	+		Ay'da kütle artar.
		4	Ağırlık değişimi	+		
3	Ağırlık Kavramı	6	Ağırlık değişimi		+	Kütle 1/6 değeri alınmış.
		9	Ağırlık değişimi		+	Ay'da ağırlık artar.
		3	Özkütle formülü	+		
		2	Özkütlenin, hacim değişimi ile değişmesi	+		
		5	Özkütlenin, hacim değişimi ile değişmesi	+		
4	Özkütle Kavramı	1b	Özkütle tanımı	+		
		6	Öz ağırlık formülü	+		
		2	Öz ağırlığın, yerçekimi ivmesinin değişmesi ile değişimi	+		
		2	Öz ağırlığın, özkütlenin değişimi ile değişmesi			Dikkate alınmamış.
		7	Yerçekimi tanımı	+		
5	Öz ağırlık Kavramı	8	Eylemsizlik tanımı	+		
		6	Yerçekimi ivmesinin değişimi	+		Ay'daki çekim ivmesi Dünya'dakının 1/6'sına eşit alınmış.
		9	Yerçekimi ivmesinin değişimi		+	Ay'daki çekim ivmesi Dünya'dakine göre 6 kat fazla alınmış.
		2	Yerçekimi ivmesinin değişimi	+		
		4	Yerçekimi ivmesinin değişimine ait yorum	+		

3. 1. 3. 4. Isı ve Sıcaklık ile İlgili Sorular

(Etkinlik-4)

Isı ve sıcaklık nedir? Tanımlayınız.

Sıcaklık, kinetik enerjinin verdiği ısı şiddetine denir.

Sıcaklığı termometre ile ölçeriz. Termometre çeşitleri; Celsius, Fahrenheit, Reaumur, Kelvin'dir.

Isı, enerji çeşididir. Kalorimetre kabı ile ölçülür. Birimi kalori ve joule'dür.

Maddeye ısı verdiğimizde, maddenin molekülleri hızlanır; ısıyı azalttığımızda madde molekülleri yavaşlar; hiç ısı vermez isek madde molekülleri bulunduğu noktaya çakılı kalır.

Bir cismin sıcaklığı diğer cisme göre yüksek ise; ısısı da yüksektir. Isı sıcaklıkla doğru orantılıdır.

3. 1. 3. 5. Isı ve Sıcaklık ile İlgili Kavram Çarkının Değerlendirilmesi (Etkinlik-5)

1-2: Isı, bir enerji çeşididir.

1-4: Moleküllerin sahip olduğu kinetik enerjiyi tanecik sayısına bölündüğünde ortalama kinetik enerjiyi buluruz.

1-7: Isı, kalorimetre kabı ile ölçülür.

1-8: Isı birimi, joule'dür.

1-9: Isı birimi, kalori'dir.

1-15: Verilen ısı, alınan ısıya eşittir.

1-17: Isı transferi, ısısı yüksek olan bir maddeden düşük olana ısı aktarılması olur.

1-18: Alınan ısı, bir maddenin başka bir maddeden almış olduğu ısıdır.

1-19: Verilen ısı, bir maddenin başka bir maddeye vermiş olduğu ısıdır.

1-20: Maddenin ısınmasında cismin kütlesi önemlidir.

2-4: Ortalama kinetik enerji, bir maddenin sahip olduğu kinetik enerjinin tanecik sayısına bölünmesi ile bulunur.

3-4: Sıcaklık, bir maddenin moleküllerinin sahip olduğu enerjinin tanecik sayısına bölünmesi ile bulunur.

3-6: Termometre, sıcaklığı ölçen alettir.

3-10: Celsius, sıcaklığı ölçen alet çeşididir.

3-11: Kelvin, sıcaklığı ölçen alet çeşididir.

3-12: Reaumur, sıcaklığı ölçen alet çeşididir.

3-13: Fahrenheit, sıcaklığı ölçen alet çeşididir.

3-14: Son sıcaklıktan ilk sıcaklığı çıkarttığımızda sıcaklık değişimini buluruz.

3-15: Sıcaklık, bir maddenin diğer maddeye sıcaklığı verirken oluşan ısı alışverişidir.

3-16: Mutlak sıfır, -273°C 'dir.

3-17: Bir maddenin diğer maddeye sıcaklığının aktarılması ile ısı transferi oluşur.

3-20: Maddenin sıcaklığının azalıp yükselmesinde cismin kütlesi önemlidir.

4-5: Ortalama kinetik enerji, bir maddenin sahip olduğu toplam kinetik enerjinin tanecik sayısına bölünmesi ile bulunur.

6-10: Celsius, bir termometre çeşididir.

6-11: Kelvin, bir termometre çeşididir.

6-12: Reaumur, bir termometre çeşididir.

6-13: Fahrenheit, bir termometre çeşididir.

6-14: Termometre, sıcaklık değişimini ölçer.

8-9: Joule ve Kalori, ısı birimleridir.

10-11-12-13: Celsius, Kelvin, Reaumur ve Fahrenheit termometre çeşitleridir.

18-19: Alınan ısı, verilen ısıya eşittir.

3. 1. 3. 6. Isıtılan Maddeye Verilen Enerji ile İlgili Kavram Çarkının Değerlendirilmesi

(Etkinlik-6)

1-2: Maddenin cinsi ısıya etki eder. Özkütlesi fazla olan çabuk ısınır.

1-3: Fazla ısı verilirse o orantıyla sıcaklık değişimi de değişir.

1-4: Madde miktarı fazla olursa ısınma süresi de fazla olur.

1-5: Isı ile zaman doğru orantılıdır. Zaman büyüdükçe ısı miktarı artar.

2-3: Maddelerin cinsi farklı olursa sıcaklık değişimi de farklı olur.

2-4: Madde cinsi ve madde miktarı birbirine eşit ise sıcaklık değişimleri veya ısınma süreleri daha az olur.

2-5: Maddenin cinsi farklı olursa yoğunluğun az olması nedeniyle ısınma süresi geç gerçekleşir ve zamanla ters orantılıdır.

3-4: Madde miktarı eşit olursa sıcaklık değişimi de aynı orantıyla eşit olur.

3-5: Zaman geç olursa sıcaklık değişimi de aynı orantıyla fazla olur.

4-5: Madde miktarı farklı olursa ısınma süresi geç olur. Bu da zamana etki eder.

3. 1. 3. 7. Isı ve Sıcaklık ile İlgili Kavram Sınıflandırması

(Etkinlik-7)

Isı Birimleri

joule
kalori

Termometre Çeşitleri

Kelvin
Reaumur
Celsius
Fahrenheit

Isı Ölçen Alet

kalorimetre kabı

Sıcaklık

celsius
kelvin
reaumur
fahrenheit
ortalama kinetik enerji
termometre
mutlak sıfır

Kinetik Enerji

ortalama kinetik enerji
toplam kinetik enerji

Madde

madde cinsi
madde miktarı

Isı

alınan ısı
verilen ısı
madde miktarı
madde cinsi
ısı alışverişi
ısı transferi
toplam KE
sıcaklık
enerji
kalorimetre kabı
hal değişimi
joule
kalori
kütle

Sıcaklık

basınç
kütle
özkütle
madde cinsi
madde miktarı
mutlak sıfır
sıcaklık değişimi
termometre
hal değişimi
ortalama KE
fahrenheit
kelvin
celsius
reaumur
ısı

3. 1. 3. 8. Tablo 3. 10. Isı ve Sıcaklık ile İlgili Sorular-1'e ait Değerlendirme Tablosu (Etkinlik-8)

SIRA	KAVRAMLAR	İLGİLİ OLAN SORU	SORUNUN İÇERİĞİ	SORUYA VERİLEN DOĞRU CEVAP	SORUYA VERİLEN YANLIŞ CEVAP	AÇIKLAMALAR
1	$Q=m.c.\Delta T$	1	$Q=m.c.\Delta T$ ifadesinin kullanımı	+		
		3	$Q=m.c.\Delta T$ ifadesinin kullanımı	+		
		2	$Q=m.c.\Delta T$ ifadesinin yorumu	+		
2	Özısı kavramı	2a	$Q=m.c.\Delta T$ ifadesinde özısı kavramını yorumlama	+		
		3	$Q=m.c.\Delta T$ ifadesini kullanarak özısı kavramına ulaşma	+		
3	Isı sıgası kavramı	2c	$Q=m.c.\Delta T$ ifadesini kullanarak sıgası kavramına ulaşma	+		
		3	$Q=m.c.\Delta T$ ifadesini kullanarak sıgası kavramına ulaşma	+		
4	Özkütle kavramı	5	Özkütle kavramını yorumlama	+		
5	Isı değişimi kavramı	4a	Isı değişimi kavramını yorumlama	+		
6	Sıcaklık değişimi kavramı	4b	Sıcaklık değişimi tanımı	+		
7	Son sıcaklık kavramı	4c	Son sıcaklık tanımı	+		
8	Kütle kavramı	2b	$Q=m.c.\Delta T$ ifadesinde kütle kavramını yorumlama	+		
9	Hacim kavramı	5	Sıcaklık kavramını kullanarak hacmi yorumlama	+		Su soğuyunca yoğunluğu azalır.

3. 1. 3. 9. Tablo 3. 11. Isı ve Sıcaklık ile İlgili Sorular-2'ye ait Değerlendirme Tablosu (Etkinlik-9)

SIRA	KAVRAMLAR	İLGİLİ OLAN SORU	SORUNUN İÇERİĞİ	SORUYA VERİLEN DOĞRU CEVAP	SORUYA VERİLEN YANLIŞ CEVAP	AÇIKLAMALAR
1	$Q=m.c.\Delta T$	1	$Q=m.c.\Delta T$ ifadesinin kullanımı	+		
		3	$Q=m.c.\Delta T$ ifadesinin kullanımı	+		
		5	$Q=m.c.\Delta T$ ifadesinin kullanımı	+		
2	Ağırlık kavramı	6	$Q=m.c.\Delta T$ ifadesinin yorumu			Yorum yapılmamış.
		3	Ağırlık formülünün kullanımı	+		
		6	Ağırlık değişimi	+		
3	Özkütle kavramı	1	Özkütle formülünün kullanımı	+		
		5	Özkütle formülünün kullanımı	+		
		4	Özkütle kavramının yorumu	+		
4	Hacim kavramı	5	Kürenin hacim ifadesi	+		
		4b	Özkütle formülünü kullanarak hacim kavramına ulaşma	+		Su uçmuştur.
		4c	Gazların hacmini hatırlama	+		Odanın hacmini almıştır.
5	Kütle kavramı	1	Özkütle formülünü kullanarak kütle kavramına ulaşma	+		
		3	Ağırlık formülünü kullanarak kütle kavramına ulaşma	+		
		5	Özkütle formülünü kullanarak kütle kavramına ulaşma	+		
6	Kaynama	4a	Kaynama sonucunda buharlaşma olayını hatırlama	+		
		2	Basınç ile kaynamanın gerçekleşmesini hatırlama		+	İzole ortam olmadığı için kaynamazdı.
		6	Basınç ile kaynamanın gerçekleşmesini hatırlama		+	Kaynamanın ağırlık ile ilgili olduğu düşünülmüş.

3. 1. 3. 10. Tablo 3. 12. Isı ve Sıcaklık ile İlgili Sorular-3'e ait Değerlendirme Tablosu (Etkinlik-10)

SIRA	KAVRAMLAR	İLGİLİ OLAN SORU	SORUNUN İÇERİĞİ	SORUYA VERİLEN DOĞRU CEVAP	SORUYA VERİLEN YANLIŞ CEVAP	AÇIKLAMALAR
1	Moleküller Arası Çekim Kuvveti kavramı (M.A.Ç.K.)	1a	M.A.Ç.K. tanımı	+		
		1b	M.A.Ç.K. tanımı	+		
		1c	M.A.Ç.K. tanımı	+		
		1d	M.A.Ç.K. tanımı	+		
		2c	M.A.Ç.K. tanımı	+		
		3a	M.A.Ç.K. ile Potansiyel Enerji arasındaki ilişki	+		
2	Potansiyel Enerji kavramı	4b	M.A.Ç.K. tanımı	+		
		2a	Potansiyel Enerji tanımı	+		
		3c	Potansiyel Enerji tanımı	+		
		4d	Potansiyel Enerji tanımı	+		
3	Düzensizlik kavramı	5c	Potansiyel Enerji tanımı	+		0 °C'deki buz 0 °C'de su haline gelirken Potansiyel Enerji artar.
		2b	Düzensizliğin tanımı	+		
		3d	Düzensizliğin tanımı	+		
4	Kinetik Enerji kavramı	3i	Düzensizliğin tanımı	+		
		3b	Kinetik Enerji tanımı	+		
		6a	Kinetik Enerji tanımı	+		
		6b	Kinetik Enerji tanımı	+		
5	Hacim kavramı	3c	Hacim tanımı	+		
		4a	Hacim tanımı	+		
		5b	Hacim tanımı		+	0 °C'deki buz 0 °C'de su haline gelirken hacimi büyür.
6	Kütle kavramı	3f	Kütle tanımı	+		
		4f	Kütle tanımı	+		
7	Özkütle kavramı	3g	Özkütle tanımı	+		
		5a	Özkütle tanımı		+	0 °C'deki buz 0 °C'de su haline gelirken özkütlesi küçülür.
8	Moleküler yapı kavramı	3h	Moleküler yapı tanımı		+	
9	Molekül sayısı kavramı	4c	Molekül sayısı tanımı		+	
10	Isı sırası kavramı	4e	Isı Sırası tanımı		+	
11	Ortalama Kinetik Enerji kavramı	6d	Ortalama Kinetik Enerji tanımı	+		
12	Toplam Kinetik Enerji kavramı	6c	Toplam Kinetik Enerji tanımı	+		

3. 1. 3. 11. Öğrenci C'ye ait Etkinliklerin Değerlendirmesi:

Etkinlik 3'teki 4. soruda ağırlığın değişimi yerçekimi ivmesine bağlanmaktadır. Öğrenci görüşmesinde bu değişimin nasıl olduğu sorulduğunda; öğrenci, *“ağırlığı değiştirmek için cismi ekvatorдан kutuplara götürmeli veya cismi yerçekimi ivmesinin büyük olduğu yerden uzaklaştırmalı”* demiştir. Bu ifadelerden ağırlığın yerçekimi ivmesi ile değiştiği öğrenci tarafından öğrenilmiştir denilebilir. Etkinlik 1'deki kavram çarkında öğrencinin yazmış olduğu cümlelere bakıldığında *“Ağırlık, kütle ile yerçekimi ivmesinin çarpımı ile bulunur. $G=m.g$ ' dir”* ifadesinde kütle ve ağırlık kavramları arasında nasıl bir ilişki olduğunun öğrenci tarafından bilindiği görülmektedir. Öğrencinin, kütle ve hacmi maddenin değişmez özellikleri olarak kabul etmesi, Etkinlik 1'de *“Kütle ve hacim maddenin değişmez özellikleridir”* ifadesinden ve Etkinlik 2'de kütle ve hacim kavramları maddenin ortak özellikleri sınıfına dahil edilmesinden anlaşılabılır. Etkinlik 3'teki 9. soruda bir cisme uygulanan Ay'daki çekim ivmesi, Dünya'dakinin 6 katı olduğu savunulmuştur. Her ne kadar kütle ve hacim değişmez özellik olarak başlangıçta ifade edilse de bu görüş daha sonradan değişerek kütle ve hacmin de Ay'da değiştiği kabul edilmiştir. Yani öğrenci genelleme yapılarak, ağırlık ile birlikte kütle ve hacmin de artacağı iddia edilmiştir. 6. soruda ise Ay'daki ağırlığın Dünya'ya göre değiştiği dikkate alınmamış ve onun yerine kütle'nin 6'da 1'i alınmıştır. 9. soruda kütle'nin yerçekimi ivmesi ile artacağı ifade edilirken, 6. soruda kütle'nin yerçekimi ivmesi ile azalacağını ifade edilmesi bir çelişkinin var olduğunu göstermektedir. Bu durum, hem çekim ivmesinin değişimi hem de kütle ve ağırlık arasındaki ilişkinin öğrencinin kurmuş olduğu çatı içerisinde sağlam temellere oturtulmadığını göstermektedir. Etkinlik 9'daki 6. soruda kaynamanın ağırlık ile ilgili olduğu düşünülmüş ve kütle değerinden ağırlık hesap edilirken yerçekimi ivmesi doğru olarak alınmıştır. Her ne kadar bu soru için kullanılan düşünce yolu yanlış olsa da yerçekimi ivmesinin doğru olarak alınması zaman içinde öğrenmenin gerçekleştiğini göstermektedir.

Öğrencinin kütle çekim kuvveti ile ağırlık arasındaki ilişkiyi bilmediği söylenebilir. Etkinlik 1'deki kavram çarkında yazılan *“Kütle çekim kuvveti, kütle'nin*

çekim kuvvetidir” ve *“Kütle çekim ivmesi, kütlenin çekim ivmesidir”* ifadeleri ilişkileri açıklamaktan uzak, yüzeysel olarak yazılmış ifadelerdir.

Etkinlik 1'deki kavram çarkında *“Özağırlık, özkütle ile yerçekimi ivmesinin çarpımına eşittir. $\delta=d.g'$ dir”* ifadesi öğrenci tarafından yazılsa da Etkinlik 3'teki 2. soruda özağırlığın özkütle ile değişebileceği öğrenci tarafından düşünülememiştir. Öğrenci özağırlık tanımını ve formülünü tam ve doğru olarak ifade edebilse bile bu ifade içerisindeki bir bileşenin değişiminin diğer bir bileşeni nasıl etkilediği öğrenci tarafından fark edilememektedir.

Etkinlik 8 ve Etkinlik 9'a bakıldığında $Q=m.c.\Delta T$ ifadesi ile ilgili kavramların tam ve doğru olarak öğrenildiği görülmektedir. Etkinlik 6'daki kavram çarkında öğrencinin *“Maddenin cinsi ısıya etki eder. Özkütlesi fazla olan çabuk ısınır”, “Maddenin cinsi farklı olursa yoğunluğun az olması nedeniyle ısınma süresi geç gerçekleşir ve zamanla ters orantılıdır”* ifadelerini yazması, özısı kavramı ile özkütle kavramlarının karıştırıldığını göstermektedir. Öğrencinin mevcut çatısında yer alan “özkütle” kavramı, çatıya yeni gelen “özısı” kavramının öğrenilmesine etki etmiştir ve “özısı” kavramının, “özkütle” kavramı ile ilişkisi kurularak bu yönde algılama geliştirilmiştir. Etkinlik 8'de “ısı sığası” ve “özısı” kavramları ve bunlar arasındaki ilişkinin öğrenci tarafından öğrenildiği ve doğru olarak kullanıldığı görülmektedir. Etkinlik 10'a gelindiğinde ise 4e sorusunda öğrenci su ve buzun özısılarının aynı olduğunu düşünerek, ısı sığalarının da aynı olduğu yargısına ulaşmıştır. Öğrenci görüşmesinde, bu durum sorulduğunda; *“ısı kapasitesinin maddelere göre değiştiği, su ve buzun ise her durumda aynı madde olduğu için ısı kapasitesinin aynı olması gerektiği”* ifade edilmiştir. Bu durum, öğrencinin “özısının ayırt edici bir özellik olmasından dolayı maddelere göre değiştiği görüşüne” ve “moleküler yapının buz ve su için aynı olmasından dolayı özısının değişmeyeceğine dair görüşe” sahip olduğunu gösterir. Buna zıtlık oluşturacak bir biçimde öğrenci, Etkinlik 10'da 0°C 'de m gram su ile 0°C 'de m gram buzun molekül sayısı ve moleküler yapısı açısından birbirinden farklı olduğunu savunmaktadır. Bu durum öğrenci görüşlerinin parçalı oluşunu ve bunlar arasındaki tutarsızlığı gözler önüne serer.

Etkinlik 5'teki kavram çarkındaki kavramlar arasındaki ilişkileri öğrencinin yazdığı “Isı transferi, ısıyı yüksek olan bir maddeden düşük olana ısı aktarılması olur”, “Alınan ısı, verilen ısıya eşittir”, “Sıcaklık, bir maddenin diğer maddeye sıcaklığı verirken oluşan ısı alışverişidir” ve “Bir maddenin diğer maddeye sıcaklığının aktarılması ile ısı transferi oluşur” ifadeleri, cisimler arasındaki sıcaklık farkından dolayı sıcaklık farkını azaltacak yönde ısı alışverişinin gerçekleştiğinin öğrenci tarafından öğrenilmediğini göstermektedir. Isı alışverişini içeren Etkinlik 8, Etkinlik 9 ve Etkinlik 10'daki sorulara doğru cevap verilebilmesine karşın, esasta bu kavramların tanımında eksikliğin bulunmasından daha ziyade, hangi olayın diğer olaya neden olacağı öğrenci tarafından tam olarak öğrenilmemiştir. Öğrenci sıcaklığı “Sıcaklık, bir maddenin moleküllerinin sahip olduğu enerjinin tanecik sayısına bölünmesi ile bulunur” cümlesi ile tanımlayarak bu kavramı kinetik enerji ile ilişkilendirmiştir.

Etkinlik 9'daki 2. soruda kaynamanın sıvı buhar basıncının dış basınca eşit olması halinde gerçekleşeceği düşünülmemiştir ve 6. soruda Ay'daki kaynamanın ağırlık ile ilgili olduğu ve ağırlığın kaynama süresini etkilediği düşünülmüştür.

Etkinlik 8'deki 5. soruda öğrenci, suyun $+4^{\circ}\text{C}$ 'de hacminin en küçük değerde olduğunu bilerek soruyu bu perspektiften çözmüştür. “ $+4^{\circ}\text{C}$ 'deki su 0°C 'ye doğru soğutulursa hacmi artacağı için özkütlesi azalacaktır” görüşüne öğrenci sahiptir. Ancak öğrencinin Etkinlik 8'de kurduğu doğru çatı, Etkinlik 10'da kaybolmuştur. Etkinlik 10'daki 5b sorusunda 0°C 'de m gram buzun tamamı eriyerek 0°C 'de su haline geçerken hacmin büyüdüğü, böylece özkütlenin küçüldüğü ifade edilmektedir. Etkinlik 8'de öğrencinin kurduğu çatı çerçevesinde verilecek cevabın ne olacağına bakalım. Öğrenci $+4^{\circ}\text{C}$ 'deki suyun hacminin en az olduğunu bildiğine göre, buz ısıtılırsa hacim azalır ve bunun sonucunda özkütlesi artar şeklinde cevap vermesi beklenebilirdi. Burada öğrencinin kurmuş olduğu alternatif çatı $+4^{\circ}\text{C}$ 'deki suyun hacminin en küçük olduğu bilgisini kullanmayarak, Etkinlik 3'teki ısıtılan maddelerin hacimlerinin arttığı görüşünü kullanmıştır. Etkinlik 3'e bakıldığında hacim değişiminin gerçekleşebilmesi için sıcaklık ve basınç değişiminin

gerçekleşmesi gerektiği 2. ve 5. sorularda ifade edilmiş ve Etkinlik 4'te “Isı, sıcaklıkla doğru orantılıdır” görüşüne dayanılarak, bu yargı Etkinlik 10'da ısıtılan maddenin hacmi artar şeklinde algılanarak Etkinlik 10'daki soru bu perspektiften cevaplanmıştır. Yani öğrencinin Etkinlik 8'de kurduğu çatı, Etkinlik 10'da kaybolmuş ve eskiden var olan çatı, daha baskın gelerek ortaya çıkmıştır.

Madde ve özellikleri ile ilgili kavram çarkındaki, Isı ve sıcaklık ile ilgili kavram çarkındaki ve Isıtılan maddeye verilen enerji ile ilgili kavram çarkındaki tüm kavramlar arasında, her ne kadar kurulan her ifade fizik ilkeleri açısından doğru olmasa da, öğrencinin kendine göre anlam yüklediği ilişkileri yazdığı görülmektedir.



3. 1. 4. Öğrenci D'nin Etkinliklere Vermiş Olduğu Cevaplar

3. 1. 4. 1. Madde ve Özellikleri ile İlgili Kavram Çarkının Değerlendirilmesi (Etkinlik-1)

1-2: Kütle, eşit kollu terazi ile ölçülür.

1-7: Eşit kollu terazinin birimi kilogramdır. Ölçüldükten sonra birim olarak kilogram yazılır.

2-3: Her maddenin ortak özelliği, kütle ve hacimdir.

2-4: Kütle ve yoğunluk arasındaki ilişki $d=m/V$ olduğundan vardır.

2-5: Özağırlık, kütle ile ilgilidir. Özağırlığın formülü $\delta= d.g$ olduğundan $d=m/V$ 'ye eşittir. Bu yüzden ilişkilidir.

2-6: Kütle çekim kuvveti, bir maddenin kütlesine etki eden kuvvettir.

2-7: Kütlenin birimi, kilogram'dır.

2-10: Kütle çekim ivmesi, maddenin kütlesi ile ilgilidir.

2-12: Kütle ile özkütle arasındaki ilişki $d=m/V$ olduğundan vardır.

3-4: $d=m/V$ ifadesi yoğunluğun formülünü verir.

3-5: Hacim ile özağırlık; özağırlığın formülü $\delta= d.g$, $d=m/V$ olduğundan ilişkilidir.

3-9: Metreküp, hacim birimidir.

4-5: Yoğunluk ile yerçekimi ivmesini çarparsak özağırlığı buluruz.

4-7: Yoğunluk birimi, kilogram/metreküp şeklinde ifade edilebilir.

4-9: Yoğunluk birimi, kilogram/metreküp şeklinde ifade edilebilir.

4-12: Yoğunluk ile özkütle aynı şeydir.

5-11: Özağırlığın birimi, N/kg'dır.

5-12: Özağırlık ile özkütle arasındaki ilişki $\delta= d.g$ olduğundan vardır.

6-13: Kütle çekim kuvveti, ağırlıkla orantılıdır.

7-8: Newton ve kilogram (kg/N) öz ağırlık birimini verir.

8-13: Ağılık birimi, Newton'dur.



3. 1. 4. 2. Madde ve Özellikleri ile İlgili Kavram Sınıflandırması
(Etkinlik-2)

Madde

katı
sıvı
gaz

Kütle

katıların kütlesi
sıvıların kütlesi
gazların kütlesi
eşit kollu terazi

Hacim

katıların hacmi
sıvıların hacmi
gazların hacmi
geometrik olmayan
cisimlerin hacimleri
geometrik biçimli
cisimlerin hacimleri

Özkütle

katıların özkütlesi
sıvıların özkütlesi
gazların özkütlesi
yoğunluk

Ağırlık

Newton
kütle çekim kuvveti
kütle çekim ivmesi

Maddenin Ortak Özellikler

kütle
eylemsizlik
hacim
ağırlık

Özkütleyi Değiştiren Etmenler

basınç
sıcaklık

3. 1. 4. 3. Tablo 3. 13. Madde ve Özellikleri ile İlgili Sorulara ait Değerlendirme Tablosu (Etkinlik-3)

SIRA	KAVRAMLAR	İLGİLİ OLAN SORU	SORUNUN İÇERİĞİ	SORUYA VERİLEN DOĞRU CEVAP	SORUYA VERİLEN YANLIŞ CEVAP	AÇIKLAMALAR
1	Hacim Kavramı	1c	Hacim tanımı	+		
		1d	Hacim tanımı	+		
		3	Kürenin hacim ifadesi	+		
		3	Özkütle formülünü kullanarak hacim kavramına ulaşma	+		
		9	Hacim değişimi		+	Ay'da hacim azalır.
2	Kütle Kavramı	5	Hacmin sıcaklık ve basınç ile değişimi	+		
		2	Hacmin sıcaklık ve basınç ile değişimi	+		
		9	Kütle değişimi			
		1a	Kütle tanımı	+		Ay'da kütle azalır.
		4	Ağırlık değişimi	+		
3	Ağırlık Kavramı	6	Ağırlık değişimi	+		
		9	Ağırlık değişimi	+		
		3	Özkütle formülü	+		
		2	Özkütlenin, hacim değişimi ile değişmesi	+		
		5	Özkütlenin, hacim değişimi ile değişmesi	+		
4	Özkütle Kavramı	1b	Özkütle tanımı		+	
		6	Öz ağırlık formülü	+		
		2	Öz ağırlığın, yerçekimi ivmesinin değişmesi ile değişimi			
		2	Öz ağırlığın, özkütlenin değişimi ile değişmesi	+		
		7	Yerçekimi tanımı	+		
5	Öz ağırlık Kavramı	8	Eylemsizlik tanımı	+		
		6	Yerçekimi ivmesinin değişimi	+		
		9	Yerçekimi ivmesinin değişimi	+		
		2	Yerçekimi ivmesinin değişimi	+		
		4	Yerçekimi ivmesinin değişimine ait yorum	+		Dikkate alınmamış.
6	Yerçekimi Kavramı					
7	Eylemsizlik Kavramı					
8	Yerçekimi İvmesi Kavramı					

3. 1. 4. 4. Isı ve Sıcaklık ile İlgili Sorular (Etkinlik-4)

Isı ve sıcaklık nedir? Tanımlayınız.

Isı, bir enerji çeşididir.

Sıcaklık ise ısı enerjisinin ölçülmesi sonucu ortaya çıkan sonuçtur.

Örneğin; bir denizin mi yoksa yanan bir kibrit çöpünün sıcaklığı mı daha fazla diye sorulduğunda tabi ki kibrit çöpünün deriz. Fakat hangisinin ısısı daha fazla diye sorulduğunda ise denizinki. Denizdeki taneciklerin kinetik enerjileri toplamı kibrit çöpünün kinetik enerjileri toplamından daha fazladır. Buna göre denizin ısısı daha fazladır.

3. 1. 4. 5. Isı ve Sıcaklık ile İlgili Kavram Çarkının Değerlendirilmesi (Etkinlik-5)

- 1-3: Isının şiddetine sıcaklık denilebilir.
- 1-5: Toplam kinetik enerji, ısıyı verir.
- 1-7: Isı, kalorimetre kabı ile ölçülür.
- 1-8: Joule, ısı birimidir.
- 1-9: Kalori, ısı birimidir.
- 1-14: Isı ve sıcaklık doğru orantılıdır. Isı arttıkça sıcaklık da artar.
- 1-15: ısısı düşük olana yüksek olan ısı verir. Böylece ısı alışverişi olur.
- 1-17: Isı transferi demek ısısı düşük olana yüksek olanın ısı vermesidir.
- 1-18: Alınan ısı arttıkça ısı da artar.
- 1-19: Verilen ısı arttıkça ısısı da düşer.
- 2-4: Bir maddenin kinetik enerjisi arttıkça enerjisi de artar.
- 2-5: Enerji arttıkça toplam kinetik enerjisi de artar.
- 3-4: Ortalama kinetik enerji, sıcaklığı verir.
- 3-6: Sıcaklık, termometre ile ölçülür.
- 3-10: Celsius, sıcaklığın birimidir.
- 3-11: Kelvin, sıcaklığın birimidir.
- 3-12: Reaumur, sıcaklığın birimidir.
- 3-13: Fahrenheit, sıcaklığın birimidir.
- 3-14: Sıcaklık artıp azaldıkça değişme olur. Buna sıcaklık değişimi denir.
- 3-16: Sıcaklık, mutlak sıfırda iken donma olayı olur.
- 4-14: Ortalama kinetik enerji artar ve azalırsa sıcaklık değişimi olur.
- 5-15: Toplam kinetik enerji, ısı alışverişi olursa değişir.
- 6-10: Celsius, bir termometre çeşididir.

6-11: Kelvin, bir termometre çeşididir.

6-12: Reaumur, bir termometre çeşididir.

6-13: Fahrenheit, bir termometre çeşididir.

7-15: Isı alışverişi olurken mutlaka kalorimetre kabında da değişme olacaktır.

8-9: Joule ve Kalori ısı birimleridir.

10-11: Celsius, ve Kelvin; her ikisi de sıcaklık birimidir.

10-12: Celsius ve Reaumur; her ikisi de sıcaklık birimidir.

10-13: Celsius ve Fahrenheit; her ikisi de sıcaklık birimidir.

11-12: Kelvin ve Reaumur; her ikisi de sıcaklık birimidir.

12-13: Reaumur ve Fahrenheit; her ikisi de sıcaklık birimidir.

14-15: Isı alışverişi artıp ya da azaldığında sıcaklıkta da değişiklikler görülür.

15-17: Isı alışverişiyle ısı transferi aynı şeydir.

18-19: Alınan ısı, verilen ısıya eşittir.

18-20: Kütle arttıkça alınan ısı da artar.

19-20: Kütle arttıkça verilen ısı da artar.

18-19-20: Kütle arttıkça alınan ve verilen ısılarda değişiklikler olur.

3. 1. 4. 6. Isıtılan Maddeye Verilen Enerji ile İlgili Kavram Çarkının Değerlendirilmesi

(Etkinlik-6)

1-2: Isı, maddenin cinsi ile ilişkilidir. Çünkü farklı cins maddelerin yoğunlukları da farklıdır.

1-3: Bir maddenin sıcaklığı değiştiğinde ısı da değişir. Örneğin; ısı azaltıldığında sıcaklığı da azalır. Buna göre ısı, sıcaklık ile doğru orantılıdır.

1-4: Isı bir maddenin miktarı ile ilişkilidir. Örneğin; 20 g'lık bir maddeye ve 10 g'lık maddeye 30 °C ısı verirsek, 10 g'lık madde daha çok ısınır.

1-5: Isı ve zaman doğru orantılıdır. Isı verildikçe zaman da artar. Zaman ilerledikçe verilen ısı da artar.

2-3: Maddelerin yoğunlukları farklı olduğundan dolayı sıcaklık değişimleri de farklıdır. Farklı cinsteki maddelerin sıcaklık değişimleri de farklı olur. Çünkü yoğunlukları farklıdır.

2-4: Farklı cinsteki ve miktarları aynı olan maddelerin özkütleleri farklıdır. Örneğin zeytinyağı ve suyu eşit miktarda koysak ve özdeş ısıtıcılarla ısıtsak zeytinyağının yoğunluğu sudan az olduğundan o daha çabuk ısınır.

3-4: Sıcaklık değişimi, maddenin miktarına bağlıdır.

3-5: Zamanı arttıkça sıcaklık değişimi de artar. Zaman ve sıcaklık değişimi doğru orantılıdır.

3. 1. 4. 7. Isı ve Sıcaklık ile İlgili Kavram Sınıflandırması

(Etkinlik-7)

Donma

mutlak sıfır
hal değişimi

Termometre

Kelvin
Reaumur
Celsius
Fahrenheit

Özkütleyi Değiştiren Etmenler

basınç

Sıcaklık

celsius
kelvin
reaumur
fahrenheit
ortalama kinetik enerji
termometre
mutlak sıfır

Kütle

özkütle
madde miktarı

Isı

kalori
joule
toplam kinetik enerji
kalorimetre kabı

Sıcaklık Değişimleri

madde miktarı
madde cinsi
ısı alışverişi
alınan ısı
verilen ısı
ısı transferi

3.1.4.8. Tablo 3. 14. Isı ve Sıcaklık ile İlgili Sorular-1'e ait Değerlendirme Tablosu (Etkinlik-8)

SIRA	KAVRAMLAR	İLGİLİ OLAN SORU	SORUNUN İÇERİĞİ	SORUYA VERİLEN DOĞRU CEVAP	SORUYA VERİLEN YANLIŞ CEVAP	AÇIKLAMALAR
1	$Q=m.c.\Delta T$	1	$Q=m.c.\Delta T$ ifadesinin kullanımı			Formül kullanılmamış.
		3	$Q=m.c.\Delta T$ ifadesinin kullanımı	+		
		2	$Q=m.c.\Delta T$ ifadesinin yorumu	+		
2	Özısı kavramı	2a	$Q=m.c.\Delta T$ ifadesinde özısı kavramını yorumlama	+		
		3	$Q=m.c.\Delta T$ ifadesini kullanarak özısı kavramına ulaşma	+		
3	Isı sıgası kavramı	2c	$Q=m.c.\Delta T$ ifadesini kullanarak ısı sıgası kavramına ulaşma	+		
		3	$Q=m.c.\Delta T$ ifadesini kullanarak ısı sıgası kavramına ulaşma	+		
4	Özkütle kavramı	5	Özkütle kavramını yorumlama		+	
5	Isı değişimi kavramı	4a	Isı değişimi kavramını yorumlama	+		
6	Sıcaklık değişimi kavramı	4b	Sıcaklık değişimi tanımı	+		
7	Son sıcaklık kavramı	4c	Son sıcaklık tanımı	+		
8	Kütle kavramı	2b	$Q=m.c.\Delta T$ ifadesinde kütle kavramını yorumlama	+		
9	Hacim kavramı	5	Sıcaklık kavramını kullanarak hacmi yorumlama		+	Cisim batınca suyun yoğunluğu artar ve cisme basınç uygular.

3. 1. 4. 9. Tablo 3. 15. Isı ve Sıcaklık ile İlgili Sorular-2'ye ait Değerlendirme Tablosu (Etkinlik-9)

SIRA	KAVRAMLAR	İLGİLİ OLAN SORU	SORUNUN İÇERİĞİ	SORUYA VERİLEN DOĞRU CEVAP	SORUYA VERİLEN YANLIŞ CEVAP	AÇIKLAMALAR
1	Q=m.c.ΔT	1	Q=m.c.ΔT ifadesinin kullanımı	+		
		3	Q=m.c.ΔT ifadesinin kullanımı	+		
		5	Q=m.c.ΔT ifadesinin kullanımı	+		
		6	Q=m.c.ΔT ifadesinin yorumu			Yorum yapılmamış.
2	Ağırlık kavramı	3	Ağırlık formülünün kullanımı	+		
		6	Ağırlık değişimi	+		
3	Özkütle kavramı	1	Özkütle formülünün kullanımı	+		
		5	Özkütle formülünün kullanımı	+		
		4	Özkütle kavramının yorumu	+		Buharlaştır.
		5	Kürenin hacim ifadesi	+		
4	Hacim kavramı	4b	Özkütle formülünü kullanarak hacim kavramına ulaşma	+		
		4c	Gazların hacmini hatırlama		+	Odanın hacmi artar.
		1	Özkütle formülünü kullanarak kütle kavramına ulaşma	+		
5	Kütle kavramı	3	Ağırlık formülünü kullanarak kütle kavramına ulaşma	+		
		5	Özkütle formülünü kullanarak kütle kavramına ulaşma	+		
		4a	Kaynama sonucunda buharlaşma olayını hatırlama	+		
6	Kaynama	2	Basınç ile kaynamanın gerçekleşmesini hatırlama		+	Ay'da yerçekimi olmadığından iç ve dış basınç eşit olmaz ve 100 °C'de kaynamaz.
		6	Basınç ile kaynamanın gerçekleşmesini hatırlama		+	Yerçekimi ivmesinin zamana etki ettiği (30.10/6dak) düşünülmüş.

3. 1. 4. 10. Tablo 3. 16. Isı ve Sıcaklık ile İlgili Sorular-3'e ait Değerlendirme Tablosu (Etkinlik-10)

SIRA	KAVRAMLAR	İLGİLİ OLAN SORU	SORUNUN İÇERİĞİ	SORUYA VERİLEN DOĞRU CEVAP	SORUYA VERİLEN YANLIŞ CEVAP	AÇIKLAMALAR
1	Moleküller Arası Çekim Kuvveti kavramı (M.A.Ç.K.)	1a	M.A.Ç.K. tanımı	+		
		1b	M.A.Ç.K. tanımı	+		
		1c	M.A.Ç.K. tanımı	+		
		1d	M.A.Ç.K. tanımı	+		
		2c	M.A.Ç.K. tanımı	+		
2	Potansiyel Enerji kavramı	3a	M.A.Ç.K. ile Potansiyel Enerji arasındaki ilişki	+		
		4b	M.A.Ç.K. tanımı	+		
		2a	Potansiyel Enerji tanımı	+		
		3c	Potansiyel Enerji tanımı	+		
		4d	Potansiyel Enerji tanımı	+		
3	Düzensizlik kavramı	5c	Potansiyel Enerji tanımı	+		0 °C'deki buz 0 °C'de su haline gelirken Potansiyel Enerji artar.
		2b	Düzensizliğin tanımı	+		
		3d	Düzensizliğin tanımı	+		
		3i	Düzensizliğin tanımı	+		
		3b	Kinetik Enerji tanımı	+		
4	Kinetik Enerji kavramı	6a	Kinetik Enerji tanımı	+		
		6b	Kinetik Enerji tanımı	+		
		3e	Hacim tanımı	+		
		4a	Hacim tanımı	+		
		5b	Hacim tanımı	+		0 °C'deki buz 0 °C'de su haline gelirken hacimi azalır.
5	Hacim kavramı	3f	Kütle tanımı	+		
		4f	Kütle tanımı	+		
		3g	Özkütle tanımı	+		
		5a	Özkütle tanımı	+		
		3h	Moleküller yapı tanımı	+		0 °C'deki buz 0 °C'de su haline gelirken kütle artışı ve hacim azaldığı için özkütle artar.
6	Kütle kavramı	4c	Molekül sayısı tanımı	+		
		4e	Isı Sığası tanımı	+		
		6d	Ortalama Kinetik Enerji tanımı	+		
		6c	Toplam Kinetik Enerji tanımı	+		
		6c	Toplam Kinetik Enerji kavramı	+		

3. 1. 4. 11. Öğrenci D'ye ait Etkinliklerin Değerlendirmesi:

Etkinlik 1'deki karam çarkına ait öğrencinin yazdığı cümlelerde özağırlığın özkütle ile ilişkisi “*Özağırlık ile özkütle arasındaki ilişki $\delta = d.g$, $d=m/V$ olduğundan vardır*” ve “*Yoğunluk ile yerçekimi ivmesini çarparsak özağırlığı buluruz*” ifadeleri ile belirtilmiştir. Ancak Etkinlik 3'te, yerçekimi ivmesinin değişmesi sonucunda özağırlığın da değişebileceğine dair hiçbir ibare kullanılmamıştır. Bu iki kavramdan birinde meydana gelen değişimin diğer kavramı nasıl etkilediğine dair bir ilişki hiç düşünülmemiştir. Ayrıca Etkinlik 1'deki kavram çarkında “*özağırlığın birimini Newton/kg*” olarak belirtilmektedir. Bu kavram aslında yerçekimi ivmesinin birimidir. Görüşmelerde öğrenciye “Newton/kg'ın ne birimidir?” şeklinde soru yöneltildiğinde, öğrenci cevap verememiştir. Yine de, özkütle ve özağırlık formüllerinin öğrenci tarafından bilinmesinden dolayı etkinliklerdeki sorular doğru olarak cevaplanmıştır.

Etkinlik 3'teki 1. soruda, uzayda kapladıkları yer ve şekilleri aynı olan cisimlerin hacimlerinin eşit olduğu düşünülmüştür. Ancak kütlelerinin eşit olması gerekliliği göz ardı edilerek özkütlelerinin eşit olduğu yargısına ulaşılmıştır. Eğer hacimler ile beraber kütleler de eşit ise, $d=m/V$ ifadesi kullanılarak öğrencinin özkütlelerin eşitliğine ulaşması gerekirdi. Öğrenci görüşmesinde, bu soru üzerinde öğrencinin açıklama yapması istendiğinde öğrenci, “*Şekilleri aynı olan bir kutu ile bir taş alırsak bunların hacimleri aynı ancak kütleleri farklı olabileceğinden özkütlesi farklıdır*” ifadesini kullanarak kendiliğinden doğru cevaba ulaşmıştır.

Etkinlik 3'teki 5. soruda öğrenci, ağırlığın Dünya üzerinde yerçekimi ivmesine bağlı olarak değişebileceğini ifade etmektedir. Ancak Etkinlik 2'de ağırlığı maddenin ortak özellikleri sınıfına dahil edilmektedir. Öğrenciye “ağırlık maddelerin ortak özelliği midir?” sorusu yöneltildiğinde “*evet, çünkü her maddenin ağırlığı vardır*” cevabı alınmıştır. Öğrencinin maddenin ortak özelliklerinden neyin kastedilmek istendiğini anlamadığı ve “kütle, hacim ve eylemsizlik” kavramlarını da maddenin ortak özellikleri sınıfına ezbere kattığı söylenebilir. Öğrencinin Etkinlik 3'teki 9.

soruda kütle ve hacmi Ay'da değiştiğini kabul etmesi bu görüşü destekler niteliktedir.

Etkinlik 3'teki 9. soruya verilen cevapta; Ay'da hacmin ve kütlenin de değişebileceği düşünülerek, kütle ve hacmin de ağırlık gibi azaldığına dair genelleme yapılmıştır. Burada yerçekimi ivmesinin Dünya'daki değerine göre 6'da 1 değerinde azaldığı görüşü kabul edilmiştir. Aynı şekilde, aynı etkinlik içerisindeki 6. soruda özağırlık bulunurken, Ay'ın yer çekimi ivmesi 10/6 (Ay'ın yerçekimi ivmesi Dünya'dakinin 1/6 sı olduğunu düşünerek) almıştır. Bu durum yerçekimi kavramının ve bunun sayısal olarak değişik ortamlarda aldığı değerlerin öğrenildiğini ancak yerçekimi ivmesinin hangi kavramları değiştirdiğinin öğrenilmediğini göstermektedir. Yapılan öğrenci görüşmesinde öğrenciye, kütle ve hacimden hangisinin bulunduğu ortama göre değiştiği sorulduğunda; öğrenci, bir süre çelişki yaşadından sonra ağırlığın değişeceğini, kütlenin ve hacmin Ay'da değişmeyeceği kabul etmiştir.

Etkinlik 6'daki kavram çarkında öğrencinin ısı ve madde miktarı için yazmış olduğu *"Isı, bir maddenin miktarı ile ilişkilidir. Örneğin; 20 g'lık bir maddeye ve 10 g'lık maddeye 30 °C ısı verirsek, 10 g'lık madde daha çok ısınır"* ifadesinden her ne kadar Etkinlik 5'te ısı birimleri olarak joule ve kalori olduğu bilinmesine rağmen, ısı biriminin 30 °C olarak algılandığı anlaşılmaktadır. Öğrenci sıcaklığı ısı miktarı şeklinde algılamıştır.

Öğrenci, mutlak sıfır noktasının sıcaklık ile ilgili oluşunu Etkinlik 7'deki kavram sınıflandırmasında belirtmiş ve bu noktada moleküllerin donduğunu düşünerek mutlak sıfır noktasını, donma başlığı altına dahil etmiştir. Etkinlik 5'teki kavram çarkında öğrenci, *"Sıcaklık, mutlak sıfırda iken donma olayı olur"* ifadesini kullanmıştır.

Etkinlik 6'daki kavram çarkında öğrencinin kurmuş olduğu *"Isı, maddenin cinsi ile ilişkilidir. Çünkü farklı cins maddelerin yoğunlukları da farklıdır", "Maddelerin yoğunlukları farklı olduğundan dolayı sıcaklık değişimleri de farklıdır."*

Farklı cinsteki maddelerin sıcaklık değişimleri de farklı olur. Çünkü yoğunlukları farklıdır” ve “Farklı cinsteki ve miktarları aynı olan özkütleleri farklıdır. Örneğin zeytinyağı ve suyu eşit miktarda koysak ve özdeş ısıtıcılarla ısıtsak zeytinyağının yoğunluğu sudan az olduğundan o daha çabuk ısınır” cümlelerinde özkütle ile özısı kavramlarının birbirine karıştırıldığı görülmektedir. Burada öğrencinin bir kavram kargaşası yaşadığı ve bir kavrama başka bir kavramın görevini yüklediği görülmektedir.

Etkinlikte 8’de ve Etkinlik 9’da genel olarak, $Q=m.c.\Delta T$ ifadesine ait soruların başarılı bir biçimde cevaplandığı görülmektedir.

Etkinlik 9’daki 2. soruda Ay’da yerçekiminin olmadığı düşünülerek, sıvı buhar basıncının dış basınca eşit olmaması nedeni ile kaynamanın 100°C ’de gerçekleşmeyeceği ifade edilmiştir. Etkinlik 9’daki 6. soruda ise yerçekiminin zamana da etki ettiği düşünülmüş ve böylece kaynama süresi $10/6 \cdot 30 = 50$ dakika olarak bulunmuştur. Öğrenci görüşmesinde yerçekiminin cisimlere etki ettiği; bu durumda zamanın soyut bir kavram olmasından dolayı etki etmeyeceği hatırlatılınca doğru anlama ortaya çıkmıştır.

Etkinlik 3’te hacim değişiminin basınç ve sıcaklık ile değiştiğini söylemesine rağmen, Etkinlik 9’da odanın içine dolan su buharı molekülleri nedeni ile odanın hacminin arttığı iddia edilmektedir. Ayrıca Etkinlik 8’deki 5. soruda cismin, su dolu kabın batması sonucunda, cisim ile su bir bütün gibi alınarak suyun yoğunluğunun arttığı ifade edilmektedir. Öğrenci bu soru için $+4^{\circ}\text{C}$ ’den 0°C ’ye doğru suyun soğutulmasında hacminin artacağını, böylece özkütlesinin azalacağını düşünmemiştir.

Etkinlik 3’teki 9. soruda Ay’da kütle artacağı düşünülmüş ancak yapılan öğrenci görüşmesinde kütle değişmeyeceği görüşü kabul edilmiştir. Özkütle değişimi için, 3. Etkinlikte öğrenci sıcaklık ve basınç değişiminin hacmi etkilemesi ile özkütlenin değişebileceği bilgisini kullanmaktadır. Ancak başlangıçta Ay’da değişebileceğini düşündüğü (ancak öğrenci görüşmeleri sonucunda bu görüşü terk

ettiği) kütle kavramının 10. Etkinlikteki 3f sorusunda ısı verilince kütlenin artacağı ve aynı şekilde 4f sorusunda ise 0°C 'de m gram su ile 0°C 'de m gram buzun kütlelerinin farklı olduğu iddia edilmektedir. Bu durum öğrencinin kütle kavramı hakkındaki yanlış algılamasının ne kadar güçlü olduğunu ve zaman içinde kendini tekrar gösterir nitelikte olduğunu gösteren iyi bir örnektir. Aslında burada hacmin sıcaklık ile değiştiği görüşünün, kütle kavramına çevrilerek; maddeye ısı verildikçe kütlenin artacağı yönünde yanlış algılamının boyut değiştirdiği görülmektedir. Ayrıca öğrenci, başlangıçta Ay'da değişebileceğini düşündüğü kütle kavramının değişmesine ait görüşünün bulunduğu çatıyı genişleterek, ona dayalı özkütleyi de içine alan kendine göre mantıklı temeller üzerine dayandığı alternatif bir çatı kurmuştur. Bu çatının Etkinlik 10'daki 5. soruda şu şekilde işlediği görülür: Hacim değişimi incelendiğinde, Etkinlik 10'daki 5b sorusunda, 0°C 'de m gram buzun tamamı eriyerek 0°C 'de su haline geçerken hacmin azaldığı görüşünün iddia edildiği görülmektedir. Burada öğrenci bu cevabı verirken kullandığı temel görüş, $+4^{\circ}\text{C}$ 'deki suyun hacminin en az olmasıdır. Etkinlik 8'de kullanılmayan 0°C 'den $+4^{\circ}\text{C}$ 'ye doğru su ısıtılırsa suyun hacminin azalacağı bilgisi, öğrenci tarafından kazanılmıştır. Bu görüş Etkinlik 10'da birden ortaya çıkmıştır. Bu kurulan yeni çatıya, “hacim değişimi için sıcaklık değişiminin gerektiği” ve ısı ve sıcaklık kavramları öğrenildikten sonra “hacim değişimi için ısı transferinin gerektiği” şeklindeki öğrencinin mevcut çatılarının etki etmediği görülmektedir. Bu nedenle yeni kurulan çatı, suyun $+4^{\circ}\text{C}$ 'de hacminin en küçük olduğu dikkate alınarak özgün bir biçimde ortaya çıkmıştır. Buzdan su oluşurken, özkütle değişimi incelendiğinde öğrencinin kurmuş olduğu çatının işleyişi çok daha belirgin bir biçimde karşımıza çıkmaktadır. Isı verildiğinde kütlenin artması ve hacmin azalmasından dolayı, $d=m/V$ özkütle ifadesinden, 0°C 'de m gram buzun tamamı eriyerek 0°C 'de su haline geçerken özkütle artar ifadesine öğrenci tarafından ulaşılmıştır. Bu ulaşılan görüş, sonuç itibarıyla doğru olsa da çatının işleyişi yani cevaba ulaşmak için kullanılan yol yanlıştır.

Öğrencinin ısı ve sıcaklık kavramlarını tam ve doğru olarak öğrenmediği görülmektedir. Öğrenci, ısı ve sıcaklığı moleküler boyutta deniz ve kibrit çöpündeki taneciklerin kinetik enerjileri ile açıklamaya çalışmıştır. Ancak Etkinlik 4'te kurulan

cümleler incelendiğinde taneciklerin hareketliliği ve termal enerji arasındaki ilişki açık olarak ortaya konmamıştır. Isının bir enerji çeşidi olduğu bilinmesine karşılık sıcaklık için *“Isının şiddetine sıcaklık denilebilir”, “Sıcaklık, ısı enerjisinin ölçülmesi sonucu ortaya çıkan sonuçtur”* *“Ortalama kinetik enerji, sıcaklığı verir”* şeklinde çeşitli tanımlar kullanılmıştır. Isı ve sıcaklık arasındaki ilişkiyi doğrudan ortaya koyan açıklamalar getirilmemiştir. Onun yerine, *“Isı alışverişi artıp ya da azaldığında sıcaklıkta da değişiklikler görülür”* ve *“Isı ve sıcaklık doğru orantılıdır. Isı arttıkça sıcaklık da artar”* şeklinde derinlemesine düşünme gerektirmeyen açıklamalar getirilmiştir.

Yazılan *“Isısı düşük olana yüksek olan ısı verir. Böylece ısı alışverişi olur”* ve *“Isı transferi demek ısısı düşük olana yüksek olanın ısı vermesidir”* *“Isı alışverişi artıp ya da azaldığında sıcaklıkta da değişiklikler görülür”* ifadeleri, öğrencinin sıcaklık farkından dolayı maddeler arasında ısı enerjisinin transfer edildiğini bilmediğini gösterir. *“Isısı düşük olana yüksek olan ısı verir. Böylece ısı alışverişi olur”* ifadesinde öğrenci maddelerin kütlelerini dikkate almamıştır. Eğer aynı cins iki maddenin sıcaklıkları eşit ancak kütleleri farklı ise bu maddelerin depo ettikleri ısılar farklı olsa da bunlar arasında sıcaklık farkı bulunmadığı için ısı transferi gerçekleşmez.

“Kütle arttıkça alınan ısı da artar” ifadesi ile öğrencinin ne anlatmak istediği öğrenci görüşmesinde sorulduğunda; öğrenci, kütleleri farklı aynı cins maddelerin sıcaklıklarını eşit miktar arttırdığımızda bunların sahip oldukları enerji miktarlarının farklı olacağı bu sebepten ısısının kütleyle bağlı olduğu ifade edilmiştir.

Madde ve özellikleri ile ilgili kavram çarkındaki, Isı ve sıcaklık ile ilgili kavram çarkındaki ve Isıtılan maddeye verilen enerji ile ilgili kavram çarkındaki tüm kavramlar arasında, her ne kadar kurulan her ifade fizik ilkeleri açısından doğru olmasa da, öğrencinin kendine göre anlam yüklediği ilişkileri yazdığı görülmektedir.

3. 1. 5. Öğrenci E'nin Etkinliklere Vermiş Olduğu Cevaplar

3. 1. 5. 1. Madde ve Özellikleri ile İlgili Kavram Çarkının Değerlendirilmesi (Etkinlik-1)

1-2: Kütle, eşit kollu terazi ile ölçülür.

1-7: Eşit kollu terazi çizerken sağ ve sol kefeye bir değer veriyoruz, bu da kilogram olabilir. Bu yüzden ilişkilidir.

1-8: Ağırlığı, eşit kollu terazi ile ölçeriz.

1-13: Eşit kollu terazi ağırlık ile ilgilidir.

2-3: Her maddenin ortak özelliği kütle ve hacimdir. Ayrıca $d=m/V$ 'dir.

2-4: Kütle ve yoğunluk maddenin ayırt edici özelliğidir.

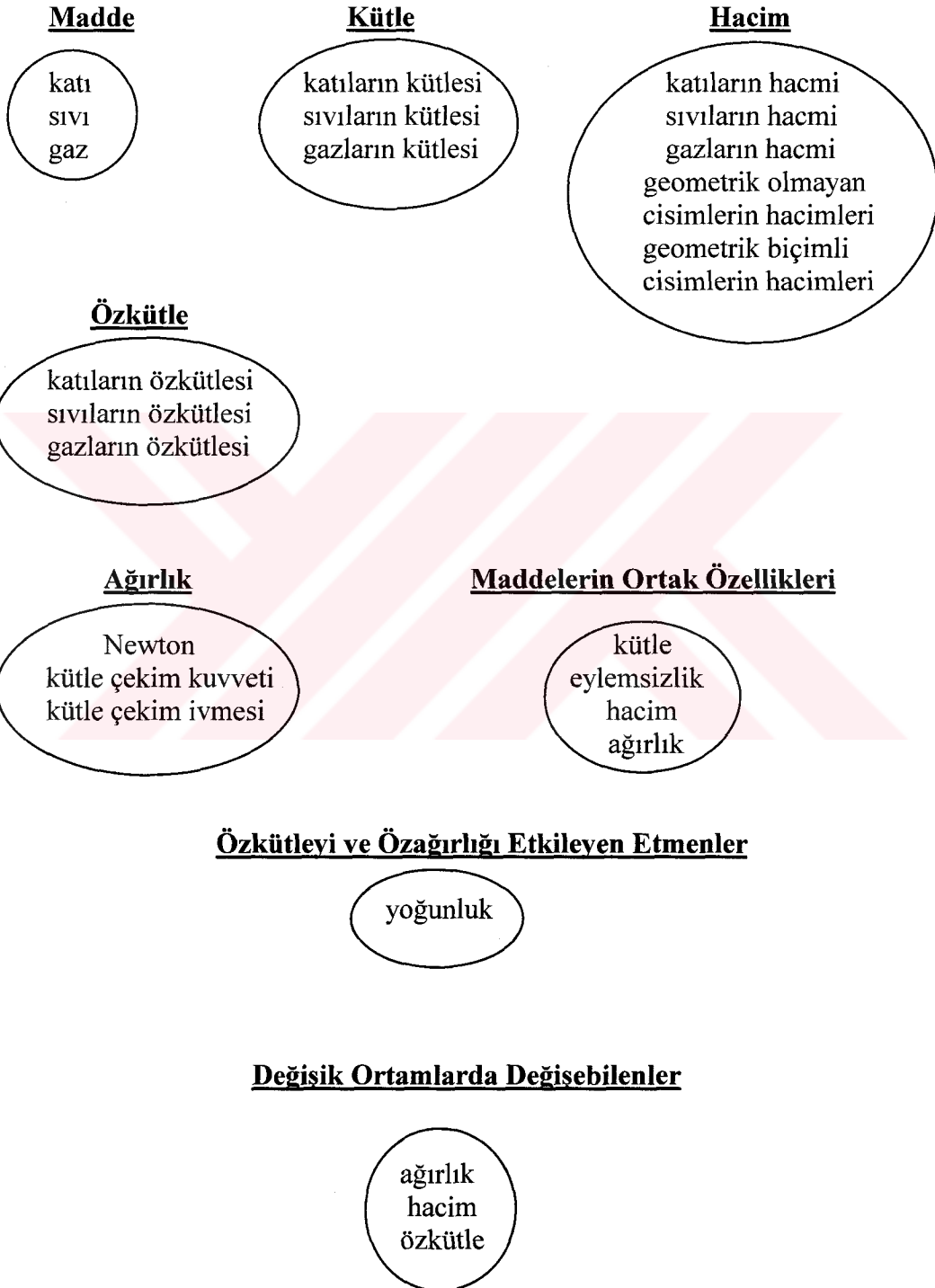
2-6: Kütle çekim kuvveti, kütleyi ölçmek içindir.

5-8: Özağırlık biriminde Newton vardır.

7-8: Newton, ağırlığın birimidir; kilogram, bir cismin ağırlığının ölçülerek bir değer verilmesidir.

8-13: Newton, ağırlığın birimidir.

3. 1. 5. 2. Madde ve Özellikleri ile İlgili Kavram Sınıflandırması
(Etkinlik-2)



3. 1. 5. 3. Tablo 3. 17. Madde ve Özellikleri ile İlgili Sorulara ait Değerlendirme Tablosu (Etkinlik-3)

SIRA	KAVRAMLAR	İLGİLİ OLAN SORU	SORUNUN İÇERİĞİ	SORUYA VERİLEN DOĞRU CEVAP	SORUYA VERİLEN YANLIŞ CEVAP	AÇIKLAMALAR
1	Hacim Kavramı	1c	Hacim tanımı	+		
		1d	Hacim tanımı	+		
		3	Kürenin hacim ifadesi			Cevap verilmemiş.
		3	Özkütle formülünü kullanarak hacim kavramına ulaşma			Cavaba ulaşılamamış.
		9	Hacim değişimi		+	Ay'da hacim azalır.
2	Kütle Kavramı	5	Hacmin sıcaklık ve basınç ile değişimi			Cevap verilmemiş.
		2	Hacmin sıcaklık ve basınç ile değişimi			Hacmin sıcaklık ve basınç ile değişimi dikkate alınmamış.
		9	Kütle değişimi		+	Ay'da kütle azalır.
		1a	Kütle tanımı	+		
		4	Ağırlık değişimi		+	Yoğunluk farkı ile bulunur.
3	Ağırlık Kavramı	6	Ağırlık değişimi			Cevap verilmemiş.
		9	Ağırlık değişimi	+		
		3	Özkütle formülü			Özkütle formülü kullanılmamış.
		2	Özkütlenin, hacim değişimi ile değişmesi			Cevap verilmemiş.
		5	Özkütlenin, hacim değişimi ile değişmesi			Cevap verilmemiş.
4	Özkütle Kavramı	1b	Özkütle tanımı	+		Formül kullanılmamış.
		6	Özgül ağırlık formülü			
		2	Özgül ağırlık, yerçekimi ivmesinin değişmesi ile değişimi	+		
		2	Özgül ağırlık, özkütlenin değişimi ile değişmesi			Özgül ağırlık, özkütlenin değişimi ile değişimi dikkate alınmamış.
		7	Yerçekimi tanımı		+	Yerçekimi sadece yerde etkir.
5	Özgül ağırlık Kavramı	8	Eylemsizlik tanımı		+	İstek dışı hareketir.
		6	Yerçekimi ivmesinin değişimi			Cevap verilmemiş.
		9	Yerçekimi ivmesinin değişimi	+		
		2	Yerçekimi ivmesinin değişimi	+		
		4	Yerçekimi ivmesinin değişimine ait yorum			Yerçekimi ivmesinin değişimi dikkate alınmamış.

3. 1. 5. 4. Isı ve Sıcaklık ile İlgili Sorular (Etkinlik-4)

Isı ve sıcaklık nedir? Tanımlayınız.

Isı, bir enerji çeşididir. Sıcaklık ise kinetik enerji çeşididir. Sıcaklık, ısı enerjisinin ölçülmesi sonucu ortaya çıkan sonuçtur. Sıcaklığı ölçen termometreler; Celsius, Kelvin, Reaumur ve Fahrenheit'tir.



3. 1. 5. 5. Isı ve Sıcaklık ile İlgili Kavram Çarkının Değerlendirilmesi (Etkinlik-5)

- 1-2: Isı, bir enerji çeşididir.
- 1-5: Isı, toplam kinetik enerjidir.
- 1-7: Isı, kalorimetre kabı ile ölçülür.
- 1-9: Kalori, ısıнын birimidir.
- 1-15: Isı ve ısı alışverişi doğru orantılıdır.
- 2-4: Ortalama kinetik enerji, bir enerji çeşididir.
- 3-6: Sıcaklığı termometre ile ölçeriz.
- 3-8: Sıcaklık birimi, joule'dür.
- 3-14: Sıcaklık değişimini, açık şekilde ölçeriz.
- 4-20: Ortalama kinetik enerji ile kütle doğru orantılıdır.
- 6-10: Celsius, termometre çeşididir.
- 6-11: Kelvin, termometre çeşididir.
- 6-12: Reaumur, termometre çeşididir.
- 6-13: Fahrenheit, termometre çeşididir.
- 14-17: Sıcaklık değişimi, ısı değişimi ile değişir. Isı sıcaklıkla doğru orantılıdır.
- 18-19: Alınan ısı, verilen ısıya eşittir.

3. 1. 5. 6. Isıtılan Maddeye Verilen Enerji ile İlgili Kavram Çarkının Değerlendirilmesi

(Etkinlik-6)

1-2: Madde cinsi, ısıya bağlı olarak değişir. Örnek olarak; bir kapta 1 kilogram buz var. Biz bu buza ısı verdiğimizde buz katı olduğundan sıvıya dönüşecektir. Böylece de maddenin cinsi değişmiş olacaktır.

1-3: Sıcaklık, ısıya bağlı olarak değişir. Örnek olarak; bir kapta 1 kilogram su, diğer kapta 2 kilogram su var. Bunlara aynı miktar ısıyı verdiğimizde sıcaklıkları farklı olur.

1-4: Su 100°C 'de kaynadığına göre ve biz bu ısıyı arttırdığımızda daha çok kaynarak buharlaşır ve böylece madde miktarı değişir.

1-5: Isı ile zaman da değişir. Bir kaba 1 kilogram su koyalım ve diğer kaba 2 kilogram su koyduğumuzda, ikisine de aynı miktarda ısı verdiğimizde 1 kilogram su daha az zamanda kaynar. 2 kilogram su daha fazla zamanda kaynar.

2-3: Alkol ve suyu ele alalım. Alkol 78°C 'de kaynarken, su 100°C 'de kaynar. Sıcaklık madde cinsine göre değişir.

2-4: İki tane aynı miktarda sıvı var. Bu sıvıların madde miktarı aynı, fakat madde cinsleri farklıdır (su ve zeytinyağı gibi).

2-5: Bir kapta iki tane madde var. Birincisi su, ikincisi alkol. İki maddeye de aynı miktarda ısı verdiğimizde alkol daha az zamanda kaynarken, su daha fazla zamanda kaynar.

3-4: Sıcaklık arttıkça madde miktarı azalır. Örnek olarak; bir kapta 1 kilogram su var ve su 100°C 'de kaynar. Sıcaklığını arttırdığımızda bu su buharlaşarak azalır.

3-5: Bir kapta alkol ve diğer kapta su olduğunu düşünelim. Bunların sıcaklıklarının aynı olduğu zaman ve aynı derecede sıcaklık verdiğimizde; alkol daha az zamanda, su daha fazla zamanda kaynar.

4-5: Elimizde iki tane aynı cins madde var. Bunların biri 1 kilogram ve diğeri 2 kilogram ise bu maddelere aynı miktarda ısı verildiğini düşünersek, 1 kilogram olan madde daha az zamanda kaynar.

3. 1. 5. 7. Isı ve Sıcaklık ile İlgili Kavram Sınıflandırması

(Etkinlik-7)

Ölçü Birimleri

kalori
joule

Termometreler

Kelvin
Reaumur
Celsius
Fahrenheit
termometre

Maddenin Ortak Özellikleri

madde miktarı
madde cinsi

Isılar

ısı
ısı alışverişi
ısı transferi
alınan ısı
verilen ısı

Enerjiler

enerji
ortalama kinetik enerji
toplam kinetik enerji

3. 1. 5. 8. Tablo 3. 18. Isı ve Sıcaklık ile İlgili Sorular-1'e ait Değerlendirme Tablosu (Etkinlik-8)

SIRA	KAVRAMLAR	İLGİLİ OLAN SORU	SORUNUN İÇERİĞİ	SORUYA VERİLEN DOĞRU CEVAP	SORUYA VERİLEN YANLIŞ CEVAP	AÇIKLAMALAR
1	$Q=m.c.\Delta T$	1	$Q=m.c.\Delta T$ ifadesinin kullanımı			Formül kullanılmamış.
		3	$Q=m.c.\Delta T$ ifadesinin kullanımı	+		
		2	$Q=m.c.\Delta T$ ifadesinin yorumu		+	
2	Özısı kavramı	2a	$Q=m.c.\Delta T$ ifadesinde özısı kavramını yorumlama	+		
		3	$Q=m.c.\Delta T$ ifadesini kullanarak özısı kavramına ulaşma	+		
3	Isı sıgası kavramı	2c	$Q=m.c.\Delta T$ ifadesini kullanarak ısı sıgası kavramına ulaşma		+	
		3	$Q=m.c.\Delta T$ ifadesini kullanarak ısı sıgası kavramına ulaşma	+		
4	Öz kütle kavramı	5	Öz kütle kavramını yorumlama		+	
5	Isı değişimi kavramı	4a	Isı değişimi kavramını yorumlama	+		
6	Sıcaklık değişimi kavramı	4b	Sıcaklık değişimi kavramını tanımlama	+		
7	Son sıcaklık kavramı	4c	Son sıcaklık kavramını tanımlama	+		
8	Kütle kavramı	2b	$Q=m.c.\Delta T$ ifadesinde kütle kavramını yorumlama		+	
9	Hacim kavramı	5	Sıcaklık kavramını kullanarak hacmi yorumlama		+	Suyun hacmi azalır, özkütlesi azalır.

3. 1. 5. 9 Tablo 3. 19. Isı ve Sıcaklık ile İlgili Sorular-2'ye ait Değerlendirme Tablosu (Etkinlik-9)

SIRA	KAVRAMLAR	İLGİLİ OLAN SORU	SORUNUN İÇERİĞİ	SORUYA VERİLEN DOĞRU CEVAP	SORUYA VERİLEN YANLIŞ CEVAP	AÇIKLAMALAR
1	$Q=m.c.\Delta T$	1	$Q=m.c.\Delta T$ ifadesinin kullanımı	+		
		3	$Q=m.c.\Delta T$ ifadesinin kullanımı	+		
		5	$Q=m.c.\Delta T$ ifadesinin kullanımı			$Q=m.c.\Delta T$ ifadesi kullanılmamış.
2	Ağırlık kavramı	6	$Q=m.c.\Delta T$ ifadesinin yorumu		+	$Q=mC'$ dir ve $m=0,6$ 'dır.
		3	Ağırlık formülünün kullanımı		+	
		6	Ağırlık değişimi		+	Dünyadaki 6 da biri olduğuna göre 0,6'dır.
3	Özkütle kavramı	1	Özkütle formülünün kullanımı			Özkütle formülü kullanılmamış.
		5	Özkütle formülünün kullanımı			Özkütle formülü kullanılmamış.
		4	Özkütle kavramının yorumu	+		Buharlaştır.
4	Hacim kavramı	5	Kürenin hacim ifadesi			Kürenin hacim ifadesi kullanılmamış.
		4b	Özkütle formülünü kullanarak hacim kavramına ulaşma	+		Su buharlaşmıştır.
		4c	Gazların hacmini hatırlama	+		Suyun hacmi değişmiştir.
5	Kütle kavramı	1	Özkütle formülünü kullanarak kütle kavramına ulaşma		+	$m=0,8g/cm^3$ alınmış.
		3	Ağırlık formülünü kullanarak kütle kavramına ulaşma		+	Kütle=ağırlık+yerçekimi ivmesi'dir.
		5	Özkütle formülünü kullanarak kütle kavramına ulaşma			Cevap verilmemiş.
6	Kaynama	4a	Kaynama sonucunda buharlaşma olayını hatırlama	+		
		2	Basınç ile kaynamanın gerçekleşmesini hatırlama	+		Su A_y 'da $100^\circ C$ de kaynar.
		6	Basınç ile kaynamanın gerçekleşmesini hatırlama		+	Yerçekimi ivmesinin zamana etki ettiği (30/6dk) düşünülmüş.

3. 1. 5. 10. Tablo 3. 20. Isı ve Sıcaklık ile İlgili Sorular-3'e ait Değerlendirme Tablosu (Etkinlik-10)

SIRA	KAVRAMLAR	İLGİLİ OLAN SORU	SORUNUN İÇERİĞİ	SORUYA VERİLEN DOĞRU CEVAP	SORUYA VERİLEN YANLIŞ CEVAP	AÇIKLAMALAR
1	Moleküller Arası Çekim Kuvveti kavramı (M.A.Ç.K.)	1a	M.A.Ç.K. tanımı	+		
		1b	M.A.Ç.K. tanımı	+		
		1c	M.A.Ç.K. tanımı	+		
		1d	M.A.Ç.K. tanımı	+		
		2c	M.A.Ç.K. tanımı	+		
		3a	M.A.Ç.K. ile Potansiyel Enerji arasındaki ilişki	+		
2	Potansiyel Enerji kavramı	4b	M.A.Ç.K. tanımı	+		Moleküller dağınık olmadıktan PE fazladır.
		2a	Potansiyel Enerji tanımı	+		
		3c	Potansiyel Enerji tanımı	+		
		4d	Potansiyel Enerji tanımı		+	
3	Düzensizlik kavramı	5c	Potansiyel Enerji tanımı		+	0 °C'deki buz 0 °C'de su haline gelirken Potansiyel Enerji değişmez. Moleküller daha sıkıdır.
		2b	Düzensizliğin tanımı	+		
		3d	Düzensizliğin tanımı	+		
		3i	Düzensizliğin tanımı	+		
4	Kinetik Enerji kavramı	3b	Kinetik Enerji tanımı	+		
		6a	Kinetik Enerji tanımı		+	
		6b	Kinetik Enerji tanımı		+	
		3e	Hacim tanımı	+		
5	Hacim kavramı	4a	Hacim tanımı	+		
		5b	Hacim tanımı		+	0 °C'deki buz 0 °C'de su haline gelirken hacimi artar.
6	Kütle kavramı	3f	Kütle tanımı	+		
		4f	Kütle tanımı	+		
7	Özkütle kavramı	3g	Özkütle tanımı	+		
		5a	Özkütle tanımı		+	0 °C'deki buz 0 °C'de su haline gelirken özkütlesi azalır.
8	Moleküler yapı kavramı	3h	Moleküler yapı tanımı			
9	Molekül sayısı kavramı	4c	Molekül sayısı tanımı	+		
10	Isı sıgası kavramı	4e	Isı Sığası tanımı	+		
11	Ortalama Kinetik Enerji kavramı	6d	Ortalama Kinetik Enerji tanımı	+		
12	Toplam Kinetik Enerji kavramı	6c	Toplam Kinetik Enerji tanımı	+		

3. 1. 5. 11. Öğrenci E'ye ait Etkinliklerin Değerlendirmesi:

Etkinlik 1'i oluşturan kavram çarkındaki "*Newton, ağırlığın birimidir, kilogram bir cismin ağırlığının ölçülerek bir değer verilmesidir*", "*Kütle, eşit kollu terazi ile ölçülür*", "*Ağırlığı eşit kollu terazi ile ölçeriz*" cümlelerinden de anlaşıldığı üzere "ağırlık ve kütle" kavramları birbirine karıştırılmıştır.

Yerçekimi ivmesinin değişimi, genel görünüm itibariyle doğru olarak kullanıldığı söylenebilir. Öğrenci Ay'da ağırlığın azaldığını iddia ederken, kütle ve hacmin de azaldığı yönünde genelleme yapmıştır. Etkinlik 2'deki kavram sınıflandırmasında maddelerin ortak özelliği sınıfına "kütle, eylemsizlik, hacim ve ağırlık" kavramları dahil edilmiştir. Bu sınıflandırma, ağırlığın maddelerin ortak özelliği şeklinde algılandığını göstermektedir. Etkinlik 7'de maddenin ortak özellikleri sınıfına "madde miktarı" kavramı ile birlikte "madde cinsi" kavramının da katılması ilginç bir bulgudur. Etkinlik 2'deki kavram sınıflandırmasında değişik ortamlarda değişebilenler başlığı altına "özkütle ve ağırlık" kavramlarının yanı sıra "hacim" kavramının da yazıldığı ancak "kütle" kavramının bu sınıfa dahil edilmediği görülmektedir. Öğrencinin kurduğu çatı bir tutarlı olarak işlememektedir. Kütle azalması yönünde benimsenen görüş, Etkinlik 9'daki 6. soruda da görülmektedir. Öğrencinin Etkinlik 9'daki 6. soruda Dünya'da kütlesi 1 kg olan suyun Ay'daki kütle değeri için " $m=0,6$ ve Dünya'dakinin 6 da 1'i olduğuna göre 0,6'dır" cevabını vermesinin nedeni, Etkinlik 3'te kurduğu çatıya dayanmaktadır. Etkinlik 9'daki 2. soruda Ay'da kaynamanın gerçekleştiği düşünülüp, kaynama sıcaklığının 100 °C olacağı iddia edilirken; 6. soruda yerçekimi ivmesinin kütlenin azalmasından dolayı kaynama süresine etki ettiği iddia edilmiştir. Bu iki soruya verilen cevaplar arasında tutarlılık vardır. Çünkü her iki soruda 1 kilogram suyun Ay'da basıncın sabit tutulduğu ve Dünya'dakine benzer izole bir ortamda kaynadığı düşünüldüğünde; madde miktarının kaynama süresine etki ettiği ancak kaynama sıcaklığını değiştirmediği öğrenci tarafından öğrenilmiştir. Bu durum alternatif çatıların, öğrenci perspektifinden tutarlı olduğunu ve mantıklı olarak kavramlar arası ilişkilerin açıklanabildiğini göstermektedir.

Etkinlik 3'te hacim, özkütle ve özağırlık formüllerinin etkin bir biçimde kullanılmadığı gözlenmektedir. Etkinlik 3'ten başlayıp Etkinlik 9'a kadar izlenen süreç içerisinde, öğrencinin bu kavramlar arasında kurduğu ilişkilerin formal fen açısından doğru kabul edilen ilişkilere doğru gelişmediği gözlenmiştir. Etkinlik 9 incelendiğinde, 1. soruda öğrencinin kütle değeri yerine ($m=0,8 \text{ g/cm}^3$ ifadesi ile) özkütle değerini aldığı görülmektedir. Oysaki öğrenciden beklenen özkütle formülünü kullanarak kütle kavramına ulaşmasıdır. Aynı durum hacim kavramı için de geçerlidir. Etkinlik 3'teki 3. soruda özkütle kavramı kullanılarak hacim değerine ve Etkinlik 9'da 5. soruda hacim ve özkütle formülleri kullanılarak kütle değerine ulaşamamıştır. Bu durum, öğrencinin kavramlar arasındaki ilişkileri açıkça görerek bağlantıları kuramadığını göstermektedir. Ayrıca zaman içerisinde bu kavramlara ait matematiksel ifadelerin problem çözümlerinde kullanımlarının gelişmediği gözlenmektedir.

Etkinlik 6'daki kavram çarkında yazılan “Su 100°C 'de kaynadığına göre ve biz bu ısıyı arttırdığımızda daha çok kaynayarak buharlaşır ve böylece madde miktarı değişir” ve “Sıcaklık arttıkça madde miktarı azalır. Örnek olarak; bir kaptaki 1 kilogram su var ve su 100°C 'de kaynar. Sıcaklığını arttırdığımızda bu su buharlaşarak azalır” ifadelerinden hacim ve kütle kavramlarının birbirine karıştırıldığı anlaşılmaktadır.

Ağırlık, kütle ve yerçekimi ivmesi arasındaki ilişki “Ağırlık=Kütle*Yerçekimi ivmesi” şeklinde ifade edilmesine karşın Etkinlik 9'daki 3. soruda öğrenci bu ifadeyi kendine göre benimsemiş ve “Kütle=Ağırlık+Yerçekimi ivmesi” şeklinde zihninde yapılandırmıştır. Bu durum, öğrencinin “kütle, ağırlık ve yerçekimi ivmesi” arasında bir ilişkinin var olduğunu bildiğini ancak bu ilişkinin doğru olarak ifade edilemediğini göstermektedir. Bu sebeple öğrenci ilişkiyi kendine göre yorumlayarak “Kütle=Ağırlık+Yerçekimi ivmesi” ifadesini elde etmiştir. Öğrenciden öğrenmesi beklenen “Ağırlık=Kütle*Yerçekimi ivmesi” ifadesi, öğrenci tarafından string olarak öğrenilmemiştir.

Etkinlik 3'te öğrencinin 8. sorudaki eylemsizlik tanımını için vermiş olduğu “*istek dışı hareket*” cevabı ilginç bir bulgudur.

Etkinlik 8 ve 9 incelendiğinde öğrencinin $Q=m.c.\Delta T$ ifadesinin kullanılmasına yönelik soruları genel olarak çözemediği ve bu sorular hakkında yorum yapamadığı görülmüştür. Etkin bir biçimde kullanılmayan $Q=m.c.\Delta T$ ifadesine ait öğrencinin bilgisi, Etkinlik 9'a gelindiğinde yok olmaya başlamıştır. Öyle ki; Etkinlik 9'da 6. soruda $Q=m.c.\Delta T$ ifadesi yerine $Q=m.c$ ifadesi kullanılmıştır. Bu durum, öğrencinin bu kavramlar arasındaki ilişkileri sağlam temellere dayandırarak öğrenmediğini, bu sebeple zaman içinde ezbere dayalı bilginin yok olduğunu gösterir.

Öğrencinin Etkinlik 8'deki 5. soruda, $+4\ ^\circ\text{C}$ 'deki suyun $0\ ^\circ\text{C}$ 'ye doğru soğutulunca özkütlesinin azalacağına dair görüşü doğrudur. Ancak öğrenci özkütlenin azalacağı yönünde doğru görüşe sahip olsa da, bu görüşe ulaşmak için kullandığı çatı doğru bir biçimde işlememektedir. Çünkü öğrencinin savunduğu $+4\ ^\circ\text{C}$ 'deki suyun $0\ ^\circ\text{C}$ 'ye doğru soğutulunca hacmin azalmasından dolayı özkütlenin azalacağını iddia etmesinin aksine, suyun hacminin artmasından dolayı özkütlesi azalır. Öğrencinin böyle bir yargıya sahip olmasının nedeni, suyun buz hale geçerken yoğunluğunun azalacağına dair kabul ettiği ezber bilgiye dayanır. Bu ezber bilgi nedeniyle öğrenci, Etkinlik 1'deki kavram çarkında “*Her maddenin ortak özelliği kütle ve hacimdir. Ayrıca $d=m/V$ 'dir*” diyebilmesine yani özkütle formülünü bilmesine rağmen $d=m/V$ 'yi yorumlayarak hacim değişiminin nasıl olması gerektiğine dair bilgiye ulaşamamıştır. Öğrencinin kabul ettiği hacmin azalması görüşü, öğrencinin Etkinlik 3'te ortaya koymadığı ancak daha sonradan öğrendiği “hacim değişimi için sıcaklık ve basınç değişiminin” gerektiğine dair oluşturduğu çatıya dayanır. Öğrenci bu görüşe dayanarak, suyun $+4\ ^\circ\text{C}$ 'den $0\ ^\circ\text{C}$ 'ye doğru soğutulunca hacminin azalacağını düşünmektedir. Öğrencinin kurduğu bu çatı, hal değişiminde hacim ve özkütle değişimini de içine alacak biçimde geliştirilmiştir.

Etkinlik 10'daki 5b sorusunda $0\ ^\circ\text{C}$ 'de m gram buzun tamamı eriyerek $0\ ^\circ\text{C}$ 'de su haline geçerken hacim arttığı için özkütlenin azaldığı söylenilmiştir. Öğrencinin $d=m/V$ ifadesini Etkinlik 8'de yorumlayamamasına karşın; Etkinlik 10'da

yorumlayabildiği gözlenmektedir. Hacim değişimine bağlı olarak özkütle değişimi öğrencinin kendine göre oluşturduğu çatı içerisinde tutarlı biçimde açıklanabilmiştir. 0°C 'de m gram buzun tamamı eriyerek 0°C 'de su haline geçerken hacmin artışı yönündeki öğrenci görüşünün temelinde, suya ısı verildiğinde sıcaklığının da değişeceği (Etkinlik 5'e bakılırsa "*Isı ve sıcaklık doğru orantılıdır*" ve "*Sıcaklık değişimi, ısı değişimi ile değişir*" ve Etkinlik 6'da "*Sıcaklık ısıya bağlı olarak değişir*" ifadeleri kullanılmıştır) ve sıcaklık değişimi sonucunda da hacminin artacağı görüşü yer alır. Etkinlik 8'de kullanılan suyun buz hale geçerken yoğunluğunun azalacağına dair kabul ettiği ezber bilgi, Etkinlik 10'da kaybolmuştur. Etkinlik 8'de kurulan çatı, geliştirilerek Etkinlik 10'da da kullanılmıştır. Sıcaklık değişimi ve dolayısı ile ısı verilmesi ile hacim ve özkütlenin değişimine dair öğrencinin sahip olduğu görüşün; Etkinlik 3'te gözlenmediği, Etkinlik 8'de $d=m/V$ ifadesi ile tam olarak ifade edilmediği, Etkinlik 10'da ise tam olarak işleyen bir alternatif çatı olarak ortaya çıktığı görülmektedir.

Öğrencinin yazmış olduğu "*Isı, toplam kinetik enerjidir. Sıcaklık ise kinetik enerji çeşididir. Sıcaklık, ısı enerjisinin ölçülmesi sonucu ortaya çıkan sonuçtur*", "*Isı sıcaklıkla doğru orantılıdır*" ifadeleri öğrencinin kavram yanlışlıklarına sahip olduğunu gösterir. Etkinlik 6'da kurulan kavramlar arası ilişkilerden; "*Bir kapta alkol ve diğer kapta su olduğunu düşünelim. Bunların sıcaklıklarının aynı olduğu zaman ve aynı derecede sıcaklık verdiğimizde; alkol daha az zamanda, su daha fazla zamanda kaynar*" ve "*Bir kapta iki tane madde var. Birincisi su, ikincisi alkol. İki maddeye de aynı miktarda ısı verdiğimizde alkol daha az zamanda kaynarken, su daha fazla zamanda kaynar*" ifadelerden birincisinde maddeye sıcaklık verilmesinden, ikincisi ise maddeye ısı verilmesinden bahsetmektedir. Bu iki cümle öğrencinin "ısı ve sıcaklık" kavramlarını karıştırdığını göstermektedir. Etkinlik 7'deki kavram sınıflandırmasında kalori ve joule ölçü birimleri sınıfına dahil edilmesine ve Etkinlik 5'te yazılan; "*Kalori, ısıнын birimidir*" ve "*Sıcaklık birimi, joule'dür*" ifadelerine bakılarak öğrencinin ısı ve sıcaklık kavramlarını karıştırması yanında bunların birimlerini de karıştırdığı görülmektedir.

Etkinlik 10'daki 2a sorusunda “*Moleküller dağınık olmadığından potansiyel enerji fazladır*” cevabının verildiği görülmektedir. Gaz fazına geçerken moleküllerin sahip olduğu potansiyel enerji, sıva faza geçerken moleküllerin sahip olduğu potansiyel enerjiden daha fazla olduğu doğrudur. Ancak bununla beraber moleküller de dağınıktır. Bu verilen cevap, moleküllerin birbirine olan uzaklığı ve bu uzaklığı değiştirmek için moleküllere verilen enerji arasında öğrencinin ilişkiyi tam olarak kuramadığını göstermektedir. 5c ve 4d sorularına verilen cevaplar ise yukarıda öğrencinin verdiği cevap ile çelişir durumdadır. 5c ve 4d sorusunda 0°C 'de m gram su ile 0°C 'de m gram buzun sahip olduğu potansiyel enerjinin aynı olduğu ve erime sonucunda da değişmeyeceği iddia edilmiştir. Etkinlik 10'da öğrencinin, moleküllerin sahip olduğu kinetik enerji ile ilgili olarak doğru cevaplar veremediği gözlenmiştir.

Etkinlik 6'daki kavram çarkına bakılırsa öğrenci “*Madde cinsi, ısıya bağlı olarak değişir. Örnek olarak; bir kaptaki 1 kilogram buz var. Biz bu buza ısı verdiğimizde buz katı olduğundan sıvıya dönüşecektir. Böylece de maddenin cinsi değişmiş olacaktır*” ifadesini kullanmıştır. Maddenin cinsinin değişmesi için ısı verilmesi gerektiği, buzun suya dönüşümünde ısı verildiğinden dolayı maddenin cinsinin değişeceğine dair alternatif bir çatı kurulmuştur. Etkinlik 6'da kurulan bu çatı Etkinlik 10'da da kullanılmıştır. Etkinlik 10'da hal değişimi sırasında moleküller arasındaki çekim kuvvetinin zayıflatılması ile moleküler yapının bozulduğu iddia edilmektedir. 0°C 'de m gram su ile 0°C 'de m gram buzun farklı cins maddeler olarak algılanmasından dolayı da bunların özisılarının ve de ısı sığalarının farklı olduğu Etkinlik 10'daki 4e soruda belirtilmiştir.

Madde ve özellikleri ile ilgili kavram çarkındaki; metreküp, kütle çekim ivmesi, Newton/kilogram ve özkütle kavramlarının çarkta yer alan diğer kavramlar ile ilişkisi kurulamamıştır. Öğrenci, yapılan etkinliklerde kavramlar arası ilişkilerden yararlanarak hiç hacim değerine ulaşamamıştır. Bunun sonucunda metreküpün hacim birimi olarak algılanamaması doğal bir sonuçtur. Kavram çarkında “*Her maddenin ortak özelliği kütle ve hacimdir. Ayrıca $d=m/V$ 'dir*” ifadesinden cisimlerin özkütle ifadesinin öğrenci tarafından bilindiği söylenebilir. Kütle çekim ivmesinin biriminin

Newton/kilogram olduğu ifade edilememişken; ağırlık, kütle ve yerçekimi ivmesi arasındaki ilişki öğrenci tarafından bilinmektedir. Ancak bu ilişki kullanılarak problemler çözülememiştir.

Isı ve sıcaklık ile ilgili kavram çarkındaki; mutlak sıfır kavramının çarkta yer alan diğer kavramlar ile ilişkisi kurulamamıştır. Öğrenci görüşmesinde “mutlak sıfır nedir?” sorusu yöneltildiğinde öğrenciden cevap alınamamıştır.

Isıtılan maddeye verilen enerji ile ilgili kavram çarkındaki tüm kavramlar arasında, her ne kadar kurulan her ifade fizik ilkeleri açısından doğru olmasa da, öğrencinin kendine göre anlam yüklediği ilişkileri yazdığı görülmektedir.



3. 1. 6. Öğrenci F'nin Etkinliklere Vermiş Olduğu Cevaplar

3. 1. 6. 1. Madde ve Özellikleri ile İlgili Kavram Çarkının Değerlendirilmesi (Etkinlik-1)

1-5: Özağırlığı bulmak için terazi gerekir.

1-7: Ağırlığı bulmak için eşit kollu terazi gerekir.

1-8: Eşit kollu terazi, madde ölçmede kullanılır.

1-12: Eşit kollu terazi ile özkütle bulunur.

2-3: Kütle ve hacim ortak özelliktir.

2-4: Kütle ve yoğunluk birbiri ile ilişkilidir. $d=m/V$ 'dir.

2-6: Kütle çekim kuvveti, kütleye etki eder.

2-7: Kütlenin ağırlık birimi, kg'dır.

2-9: Kütle hacimle ortak özellikte olduğu için kütle hesaplamalarında m^3 kullanılmaktadır.

3-9: Hacmi bulmak için m^3 kullanılır.

5-7: Özağırlığı bulmak için kilogram kullanılır.

5-8: Özağırlık ve Newton, ağırlık birimleridir.

6-13: Kütle çekim kuvvetini, ağırlığa göre uygularız.

7-8: Kilogram ve Newton ağırlık birimleridir.

7-11: Kilogram ve Newton ağırlık birimleridir.

3. 1. 6. 2. Madde ve Özellikleri ile İlgili Kavram Sınıflandırması

(Etkinlik-2)

Madde

katı
sıvı
gaz

Kütle

katıların kütlesi
sıvıların kütlesi
gazların kütlesi
kütle çekim ivmesi
kütle çekim kuvveti
eşit kollu terazi

Hacim

katıların hacmi
sıvıların hacmi
gazların hacmi
geometrik olmayan
cisimlerin hacimleri
geometrik biçimli
cisimlerin hacimleri

Özkütle

katıların özkütlesi
sıvıların özkütlesi
gazların özkütlesi

Ağırlık

Newton
basınç

Yoğunluk

sıcaklık

3. 1. 6. 3. Tablo 3. 21. Madde ve Özellikleri ile İlgili Sorulara ait Değerlendirme Tablosu (Etkinlik-3)

SIRA	KAVRAMLAR	İLGİLİ OLAN SORU	SORUNUN İÇERİĞİ	SORUYA VERİLEN DOĞRU CEVAP	SORUYA VERİLEN YANLIŞ CEVAP	AÇIKLAMALAR
1	Hacim Kavramı	1c	Hacim tanımı		+	
		1d	Hacim tanımı		+	
		3	Kürenin hacim ifadesi			Kürenin hacim ifadesi kullanılmamış.
		3	Özkütle formülünü kullanarak hacim kavramına ulaşma			Özkütle formülü kullanılmamış.
		9	Hacim değişimi		+	Ay'da hacim artar.
2	Kütle Kavramı	5	Hacmin sıcaklık ve basınç ile değişimi			Cevap verilmemiş.
		2	Hacmin sıcaklık ve basınç ile değişimi	+		
		9	Kütle değişimi		+	Ay'da kütle artar.
		1a	Kütle tanımı		+	
		4	Ağırlık değişimi			Cevap verilmemiş.
3	Ağırlık Kavramı	6	Ağırlık değişimi			Cevap verilmemiş.
		9	Ağırlık değişimi		+	Ay'da ağırlık artar.
		3	Özkütle formülü			Özkütle formülü kullanılmamış.
		2	Özkütlenin, hacim değişimi ile değişmesi	+		
		5	Özkütlenin, hacim değişimi ile değişmesi			Cevap verilmemiş.
4	Özkütle Kavramı	1b	Özkütle tanımı	+		
		6	Özağırlık formülü			Özağırlık formülü kullanılmamış.
		2	Özağırlığın, yerçekimi ivmesinin değişmesi ile değişimi	+		
		2	Özağırlığın, özkütlenin değişimi ile değişmesi			Cevap verilmemiş.
		7	Yerçekimi tanımı	+		Cevap verilmemiş.
5	Özağırlık Kavramı	8	Eylemsizlik tanımı			Yerçekimi cisimlere her zaman yerde etkir.
		6	Yerçekimi ivmesinin değişimi	+		Cismin hızındaki değişime ve durumunu korumak istemesidir.
		9	Yerçekimi ivmesinin değişimi		+	Yerçekimi ivmesinin değişimi dikkate alınmamış.
		2	Yerçekimi ivmesinin değişimi			Ay'da yerçekimi ivmesi Dünya'dakine göre artar.
		4	Yerçekimi ivmesinin değişimine ait yorum	+		Cevap verilmemiş.

3. 1. 6. 4. Isı ve Sıcaklık ile İlgili Sorular (Etkinlik-4)

Isı ve sıcaklık nedir? Tanımlayınız.

Isı, bir enerji çeşididir.

Sıcaklık, ısı enerjisinin ölçülmesi sonucu ortaya çıkar.

Sıcaklık, moleküllerden oluşur ve moleküller çarpışınca patlar. Sıcaklık, ısıнын şiddetidir. Bir cismin sıcaklığı diğer cisme göre yüksek ise; ısısı da yüksektir. Isı ve sıcaklık doğru orantılıdır. Sıcaklık arttıkça ısıda artar. Sıcaklık termometre ile ölçülür. Termometre çeşitleri çoktur. Örneğin Celsius çok kullanılan bir termometredir.

Sıcaklık birimi joule, ısı birimi kaloridir.

3. 1. 6. 5. Isı ve Sıcaklık ile İlgili Kavram Çarkının Değerlendirilmesi (Etkinlik-5)

1-2: Isı, bir enerji çeşididir.

1-7: Kalorimetre kabı, ısı ölçmede kullanılan kaptır.

1-9: Kalori, ısı ölçme birimidir.

1-15: Maddeler ısı alışverişi yapabilir. Örneğin sıcak su ile soğuk su karıştırıldığında ısı alışverişi olur.

1-17: Isının başka maddelere geçmesine, ısı transferi denir.

1-18: Alınan ısı, başka maddedeki ısının bize gelmesidir.

1-19: Verilen ısı, aldığımız ısıları başka maddelere vermemizdir.

2-4: Ortalama kinetik enerji, bir enerji çeşididir.

2-7: Kalorimetre kabı ısının yani enerji çeşidinin kabıdır.

2-9: Kalori, ısının yani enerjinin ölçme birimidir.

2-15: Isı alışverişi yapıldığında enerji meydana çıkar.

3-6: Sıcaklığın ölçme aleti termometredir.

3-8: Joule, sıcaklık ölçme birimidir.

3-14: Sıcaklık değişimi, sıcaklığın soğumasıdır.

3-16: Sıcaklığın en az değeri, mutlak sıfırdır.

3-20: Sıcaklık kütleyle orantılıdır.

6-10: Celsius, termometre çeşididir.

6-11: Kelvin, termometre çeşididir.

6-12: Reaumur, termometre çeşididir.

6-13: Fahrenheit, termometre çeşididir.

3. 1. 6. 6. Isıtılan Maddeye Verilen Enerji ile İlgili Kavram Çarkının Değerlendirilmesi

(Etkinlik-6)

1-2: Isı, maddenin cinsine göre hareket eder.

1-3: Isınınca sıcaklık değişir.

1-4: Madde miktarına göre enerji azalır veya artar.

1-5: Isınmada zaman önemlidir.

2-3: Sıcaklığın değişmesi, maddenin cinsine bağlıdır.

2-4: Bir madde ısıtıldığında, maddenin cinsi ve miktarı, son sıcaklığı bulurken önemlidir.

2-5: Maddenin cinsi diğer maddelere göre daha yoğunsa zamanı etkiler.

3-4: Sıcaklık değişimi, maddenin miktarına da bağlıdır.

3-5: Sıcaklığın değişiminde zamanın önemi çoktur.

4-5: Madde miktarı çok olursa ısınma süresi artar.

3. 1. 6. 7. Isı ve Sıcaklık ile İlgili Kavram Sınıflandırması

(Etkinlik-7)

Sıcaklık

mutlak sıfır
ortalama KE
toplam KE

Termometre

Kelvin
Reaumur
Celsius
Fahrenheit

Basınc

hal değişimi

Isı

enerji
kalori
joule
ısı alışverişi
ısı transferi
kalorimetre kabı
sıcaklık değişimi
alınan ısı
verilen ısı

Kütle

özkütle

Madde

madde cinsi
madde miktarı

Isı Alışverişi

madde miktarı
madde cinsi
alınan ısı
verilen ısı

3. 1. 6. 8. Tablo 3. 22. Isı ve Sıcaklık ile İlgili Sorular-1'e ait Değerlendirme Tablosu (Etkinlik-8)

SIRA	KAVRAMLAR	İLGİLİ OLAN SORU	SORUNUN İÇERİĞİ	SORUYA VERİLEN DOĞRU CEVAP	SORUYA VERİLEN YANLIŞ CEVAP	AÇIKLAMALAR
1	$Q=m.c.\Delta T$	1	$Q=m.c.\Delta T$ ifadesinin kullanımı	+		
		3	$Q=m.c.\Delta T$ ifadesinin kullanımı		+	$Q.m.c=\Delta T$ ifadesi kullanılmış.
2	Özısı kavramı	2	$Q=m.c.\Delta T$ ifadesinin yorumu		+	Kütlesi ve ısı vericisi aynı ise sıcaklık değişimi aynı olur.
		2a	$Q=m.c.\Delta T$ ifadesinde özısı kavramını yorumlama	+		
		3	$Q=m.c.\Delta T$ ifadesini kullanarak özısı kavramına ulaşma		+	
3	Isı sıgası kavramı	2c	$Q=m.c.\Delta T$ ifadesini kullanarak ısı sıgası kavramına ulaşma	+		
		3	$Q=m.c.\Delta T$ ifadesini kullanarak ısı sıgası kavramına ulaşma		+	
		5	Özkütle kavramını yorumlama		+	
4	Özkütle kavramı	4a	Isı değişimi kavramını yorumlama	+		
5	Isı değişimi kavramı	4b	Sıcaklık değişimi kavramı	+		
6	Sıcaklık değişimi kavramı	4c	Son sıcaklık tanımı	+		
7	Son sıcaklık kavramı					
8	Kütle kavramı	2b	$Q=m.c.\Delta T$ ifadesinde kütle kavramını yorumlama		+	
9	Hacim kavramı	5	Sıcaklık kavramını kullanarak hacmi yorumlama		+	Cisim ısıtılınca yüzeye çıkacağı için soğuyunca batar.

3. 1. 6. 9. Tablo 3. 23. Isı ve Sıcaklık ile İlgili Sorular-2'ye ait Değerlendirme Tablosu (Etkinlik-9)

SIRA	KAVRAMLAR	İLGİLİ OLAN SORU	SORUNUN İÇERİĞİ	SORUYA VERİLEN DOĞRU CEVAP	SORUYA VERİLEN YANLIŞ CEVAP	AÇIKLAMALAR
1	$Q=m.c.\Delta T$	1	$Q=m.c.\Delta T$ ifadesinin kullanımı	+		
		3	$Q=m.c.\Delta T$ ifadesinin kullanımı	+		
		5	$Q=m.c.\Delta T$ ifadesinin kullanımı		+	
2	Ağırlık kavramı	6	$Q=m.c.\Delta T$ ifadesinin yorumu			Yorum yapılmamış.
		3	Ağırlık formülünün kullanımı			Ağırlık formülü kullanılmamış.
		6	Ağırlık değişimi	+		
3	Özkütle kavramı	1	Özkütle formülünün kullanımı		+	
		5	Özkütle formülünün kullanımı		+	
		4	Özkütle kavramının yorumu	+		
4	Hacim kavramı	5	Kürenin hacim ifadesi		+	
		4b	Özkütle formülünü kullanarak hacim kavramına ulaşma		+	Kütle farkı yok olur.
		4c	Gazların hacmini hatırlama	+		Suyun hacmi buharlaşma ile azalır.
5	Kütle kavramı	1	Özkütle formülünü kullanarak kütle kavramına ulaşma		+	$m=0,8\text{gr/cm}^3$ alınmış.
		3	Ağırlık formülünü kullanarak kütle kavramına ulaşma		+	$m=30\text{N}$ alınmış.
		5	Özkütle formülünü kullanarak kütle kavramına ulaşma			Özkütle formülü kullanılmamış.
6	Kaynama	4a	Kaynama sonucunda buharlaşma olayını hatırlama	+		Buharlaşmıştır.
		2	Basınç ile kaynamanın gerçekleşmesini hatırlama		+	Ay'da kaynama $100/6^{\circ}\text{C}$ 'de olur.
		6	Basınç ile kaynamanın gerçekleşmesini hatırlama		+	Yerçekimi ivmesinin zamana etki ettiği (30/6dk) düşünülmüş.

3. 1. 6. 10. Tablo 3. 24. Isı ve Sıcaklık ile İlgili Sorular-3'e ait Değerlendirme Tablosu (Etkinlik-10)

SIRA	KAVRAMLAR	İLGİLİ OLAN SORU	SORUNUN İÇERİĞİ	SORUYA VERİLEN DOĞRU CEVAP	SORUYA VERİLEN YANLIŞ CEVAP	AÇIKLAMALAR
1	Moleküller Arası Çekim Kuvveti kavramı (M.A.Ç.K.)	1a	M.A.Ç.K. tanımı	+		
		1b	M.A.Ç.K. tanımı	+		
		1c	M.A.Ç.K. tanımı	+		
		1d	M.A.Ç.K. tanımı		+	
		2c	M.A.Ç.K. tanımı		+	Gaz halindedir.
		3a	M.A.Ç.K. ile Potansiyel Enerji arasındaki ilişki	+		
2	Potansiyel Enerji kavramı	4b	M.A.Ç.K. tanımı	+		
		2a	Potansiyel Enerji tanımı		+	Katı halden sıvı hale geçiyor.
		3c	Potansiyel Enerji tanımı	+		
		4d	Potansiyel Enerji tanımı	+		
		5c	Potansiyel Enerji tanımı	+		Sıvı halden katı hale geçtiği için değişir.
3	Düzensizlik kavramı	2b	Düzensizliğin tanımı		+	Sıvı ve gaz halindedir.
		3d	Düzensizliğin tanımı	+		
		3i	Düzensizliğin tanımı	+		
		3b	Kinetik Enerji tanımı	+		
4	Kinetik Enerji kavramı	6a	Kinetik Enerji tanımı	+		
		6b	Kinetik Enerji tanımı	+		
		3e	Hacim tanımı	+		
		4a	Hacim tanımı		+	
5	Hacim kavramı	5b	Hacim tanımı			Suyun kaynamasında değiştiği gibi erirken de değişir.
6	Kütle kavramı	3f	Kütle tanımı		+	
7	Özkütle kavramı	4f	Kütle tanımı	+		
		3g	Özkütle tanımı	+		
		5a	Özkütle tanımı			Yorum yapılmamış.
8	Moleküler yapı kavramı	3h	Moleküler yapı tanımı		+	
9	Molekül sayısı kavramı	4c	Molekül sayısı tanımı		+	
10	Isı sırası kavramı	4e	Isı Sırası tanımı		+	
11	Ortalama Kinetik Enerji kavramı	6d	Ortalama Kinetik Enerji tanımı	+		
12	Toplam Kinetik Enerji kavramı	6c	Toplam Kinetik Enerji tanımı		+	

3. 1. 6. 11. Öğrenci F'ye ait Etkinliklerin Değerlendirmesi:

Etkinlik 1'deki madde ve özellikleri ile ilgili kavram çarkında kavramlar arasında kurulan ilişkilere bakıldığında; “kütle, ağırlık, özağırlık, özkütle ve eşit kollu terazi” kavramlarının birbirine karıştırıldığı çok açık bir şekilde görülmektedir. “Özağırlığı bulmak için terazi gerekir”, “Ağırlığı bulmak için eşit kollu terazi gerekir”, “Eşit kollu terazi madde ölçmede kullanılır”, “Eşit kollu terazi ile özkütle bulunur” ifadelerinden eşit kollu terazinin hangi görev için kullanıldığının öğrenci tarafından bilinmediği görülmektedir. “Kilogram ve Newton, ağırlık birimleridir” ve “Kütlenin ağırlık birimi, kg'dır” ifadeleri ise kütle ve ağırlık birimlerinin de karıştırıldığını göstermektedir. Özağırlık ile kilogram ve Newton birimleri arasında “Özağırlığı bulmak için kilogram kullanılır” ve “Özağırlık ve Newton, ağırlık birimleridir” ifadeleri yazılmıştır. Genel olarak madde ve özellikleri kavram çarkında yazılan ilişkiler incelendiğinde öğrencinin, mantıklı temeller üzerinde bu kavramlar arası ilişkileri kurmadığı görülmektedir. Yazılan ilişkiler birbirinden kopuk ve tutarsızdır.

Etkinlik 2'deki ağırlık sınıfı içerisine basınç ifadesinin yerleştirilmesi ilginç bir bulgudur. Öğrenci görüşmesinde bu sınıflamanın açıklanması istenildiğinde öğrenci, ağırlığın basınç ile değiştirilebileceğini söylemiştir.

Etkinlik 3'teki 1. soruda uzayda kapladıkları yer ve şekilleri aynı olan *A* ve *B* bloklarının hacimlerinin eşitliği yerine kütlelerinin eşit olduğu kabul edilmiştir. Algılama, hacim yerine kütleye kaymıştır. Bu soru için kütle ve hacim kavramları arasında bir yarışmanın olduğu ve kütle kavramının hacim kavramına baskın gelerek ortaya çıktığı söylenebilir.

Etkinlik 3'teki 9. soruda Ay'da ağırlığın Dünya'daki değerine göre 6 kat arttığı ifade edilmiştir. Öğrenci ağırlık artışını kütle ve hacim kavramları üzerine genelleme yaparak, bu kavramların da ağırlık gibi Ay'da arttığını ifade etmiştir. Öğrencinin vermiş olduğu cevaplardan yer çekimi ivmesinin değişiminin doğru bir biçimde öğrenilmediği gözlenmektedir. Etkinlik 3'teki 9. soruda Ay'daki çekim ivmesinin

Dünya'dakine göre 6 kat arttığı iddia edilirken, Etkinlik 9'da Ay'da suyun kaynaması için çekim ivmesinin kaynama noktasını ve kaynama süresini 1/6 oranında azalttığı savunulmuştur. Etkinlik 1'deki kavram çarkında ağırlık ve kütle çekim kuvveti arasında yazılan “*Kütle çekim kuvvetini, ağırlığa göre uyguluyoruz*” ifadesinden öğrencinin, kütleyle etki eden çekim kuvvetinin ağırlık olarak adlandırıldığını bilmediği sonucu çıkar. Öğrenci, tüm etkinlikler süresince ağırlık kavramı için; “ $G=m.g$ ” veya “*Ağırlık, kütle ile yerçekimi ivmesinin çarpımına eşittir*” şeklinde tanımını yapmadığından, ağırlık değerinden kütle değerinin bulunmasını gerektiren sorularda doğru cevaplara ulaşamamış ve ağırlık ifadesine sahip olmadığından yerçekimi ivmesini soruların çözümlerinde kullanamamıştır. Bu sebeple öğrenci kütle kavramına da ulaşamamıştır. Etkinlik 9'da “kütle” kavramı ile “ağırlık ve özkütle” kavramları karıştırılmıştır. Etkinlik 9'daki 1. soruda $m=0,8\text{g/cm}^3$ alınırken, 3. soruda $m=30\text{N}$ alınmıştır. Bu nedenle, 1. soruda özkütle formülü kullanılarak, 3. soruda ise ağırlık formülü kullanılarak kütle değerine ulaşılamamıştır. 5. soruda ise özkütle formülünün kullanılmadığı gözlenmektedir. Öğrenci, Etkinlik 9'daki 4. soruda buharlaşan su miktarı için kütle farkının yok olacağını iddia etmiştir. Etkinlik 10'daki 3f sorusunda buzun ısıtılarak gaz haline geçişi sırasında kütle artışı ifade edilmiştir.

Etkinlik 3'teki 3. ve 6. sorulara verilen cevaplara dayanarak, özkütle ve öz ağırlık formüllerinin öğrenilmediği gözlenmektedir. Her ne kadar Etkinlik 1'de “*Kütle ve yoğunluk birbiri ile ilişkilidir. $d=m/V$ 'dir.*” ifadesi kullanılsa da özkütle formüllerini içeren sorulara cevap verilememiştir. Aynı zamanda Etkinlik 8'deki $+4^{\circ}\text{C}$ 'deki suyun 0°C 'ye doğru soğutulduğunda ve Etkinlik 10'daki 0°C 'de m gram buzun tamamı eriyerek 0°C 'de su haline geçerken özkütle değişimleri yorumlanamamıştır.

Öğrencinin Etkinlik 1'deki 8. soruda eylemsizlik için “*Cismin hızındaki değişme*” şeklinde cevap vermesi ilginç bir bulgudur.

Etkinlik 8'deki 2. soruda iki cisme eşit miktarda ısı verildiğinde, her ikisinin de sıcaklığını eşit miktarda arttırabilmek için, öğrenci “*Kütlesi ve ısı vericisi aynı ise*

sıcaklık değişimi aynı olur” ifadesini yazmış ve buna göre kütle ve ısı sığası cevabını vermiştir. Yapılan öğrenci görüşmesinde öğrencinin vermiş olduğu ısı sığası cevabı ile ısı vericisini kastettiği yani Q değerini anlatmak istediği ortaya çıkmıştır. Isı sığası öğrenci tarafından verilen ısı miktarı olarak algılanmıştır. Buna göre öğrenci, “ Q ve m değeri aynı ise ΔT aynıdır” yargısına ulaşmış ve özısı kavramını hiç düşünmemiştir. Öğrencinin vermiş olduğu bu cevap, aynı cins maddeler için doğru iken bu soruda madde cinsleri ve kütlelerin eşit olup olmadığı belirtilmediği için öğrencinin $m.c$ değerine yani ısı sığası değerine ulaşması gerekirdi. Buradan öğrencinin ısı sığasının mc ’ye eşit olduğunu bilmediği görülmektedir. Öğrencinin, ısı sığasının mc ’ye eşit olduğunu bilmemesinden dolayı Etkinlik 10’daki 4e sorusunda 0°C ’de m gram su ile 0°C ’de m gram buzun özısıların farklılığından ısı sığalarının da farklı olacağı görüşüne ulaşamamıştır. Geçen süreç içerisinde öğrenci ısı sığası kavramını kazanamamıştır.

Öğrencinin $Q=m.c.\Delta T$ ifadesi üzerinde sayısal değerleri yerleştirerek soruların çözümüne ulaşamadığı görülmektedir. Bu ifadeyi, $Q.m.c= \Delta T$ şeklinde yanlış hatırladığı da gözlenmiştir. Bu ifadedeki kavramlar arasındaki ilişkilerin öğrenci tarafından nasıl kurulduğunu araştırmak için geliştirilen Isıtılan Maddeye Verilen Enerji ile İlgili Kavram Çarkında kavramlar arasındaki ilişkileri öğrencinin basit düzeyde algılayarak “Isı, maddenin cinsine göre hareket eder”, “Isınınca sıcaklık değişir”, “Isınmada zaman önemlidir”, “Madde miktarına göre enerji azalır veya artar”, “Sıcaklığın değişmesi, maddenin cinsine bağlıdır” ve “Madde miktarı çok olursa ısınma süresi artar” gibi cümleler kurduğu gözlenmiştir. Bununla birlikte “Bir madde ısıtıldığında, maddenin cinsi ve miktarı, son sıcaklığı bulurken önemlidir” şeklinde tam bir ifade de verilebilmiştir.

Öğrencinin ısı ve sıcaklık kavramlarını doğru olarak öğrenmediği görülmektedir. Öğrenci Etkinlik 4’te bu kavramların tanımlarını şu şekilde yapmıştır: “Sıcaklık, ısı enerjisinin ölçülmesi sonucu ortaya çıkar. Sıcaklık, moleküllerden oluşur ve moleküller çarpışınca patlar. Sıcaklık, ısının şiddetidir. Bir cismin sıcaklığı diğer cisme göre yüksek ise; ısı da yüksektir. Isı ve sıcaklık doğru orantılıdır. Sıcaklık arttıkça ısı da artar. Sıcaklık kütleyle orantılıdır. Sıcaklık termometre ile ölçülür.

Sıcaklık birimi joule, ısı birimi kaloridir". Etkinlik 5'te ise bu görüşler devam ettirilmiştir. Isı ve sıcaklığı ölçüldüğü aletler "*Kalorimetre kabı ısıнын yani enerji çeşidinin kabıdır*" ve "*Sıcaklığın ölçme aleti termometredir*" şeklinde belirtilse de bunların birimleri "*Kalori, ısı ölçme birimidir*" ve "*Joule, sıcaklık ölçme birimidir*" şeklinde yanlış olarak ifade edilmiştir. Etkinlik 7'deki kavram sınıflandırmasında joule ve kalori, ısı sınıfına dahil edilmesi doğru öğrenmenin gerçekleştiğini göstermektedir. Temas halindeki maddelerin sıcaklıkları farkından dolayı ısı alışverişi yaptığını öğrenci, "*Maddeler ısı alışverişi yapabilir. Örneğin sıcak su ile soğuk su karıştırıldığında ısı alışverişi olur*" cümlesi ile açıklamıştır. Verilen sıcak ve soğuk su karışımı örneği, sınıfta yaşanan deneyimin öğrenci için anlamlı olduğunu gösterir. Verilen bu örnek doğru olsa da "*Isı alışverişi yapıldığında enerji meydana çıkar*", "*Alınan ısı, başka maddedeki ısıнын bize gelmesidir*" ve "*Verilen ısı, aldığımız ısıları başka maddelere vermemizdir*" cümleleri ısı alışverişinin tam anlaşılmadığını göstermektedir.

Etkinlik 6'daki kavram çarkındaki "*Maddenin cinsi diğer maddelere göre daha yoğunsa zamanı etkiler*" ifadesinde özısı ile yoğunluk birbirine karıştırılmıştır. Bu bulguya dayanarak, öğrencinin yeni karşılaştığı bir kavramı, zihninde mevcut çatı içerisinde var olan önceki kavram veya kavramlar şeklinde algılayarak kaydettiği yorumu yapılabilir.

Etkinlik 8'deki 5. soruda öğrencinin vermiş olduğu "*Cisim ısıtılınca yüzeye çıkacağı için soğuyunca batar*" ifadesi, sorunun cevabına götürecek olan izlenilmesi gereken çözüm yolu ile uyuşmayan bir ifade olduğu gibi aynı zamanda çok yüzeyseldir. Öğrenciye bu sorunun cevabında neyi kastettiği sorulduğunda öğrenci mantıklı bir açıklama getirememiştir. Bu durum, öğrencinin bu cevabı mevcut çatısı içerisinde düşünüp yorumlamadan verdiğini gösterir.

Öğrenci, Etkinlik 9'da Ay'da suyun kaynaması ile ilgili olan 2. soruda yer çekimi ivmesinin kaynama sıcaklığına etki ederek bu değerin $100/6^{\circ}\text{C}$ olduğunu ve 6. soruda ise yer çekimi ivmesinin kaynama süresine etki ederek bu değerin 30/6dk olduğunu iddia etmiştir. Öğrenci, kaynamanın gerçekleşmesi için Ay'da

Dünya'dakine benzer izole ve basınçlı bir ortamın yaratıldığını göz ardı ederek yerçekimi ivmesinin sıcaklık ve kaynama süresine etki ettiğini düşünmüştür.

Etkinlik 10'daki 2. soruda hal değişiminde moleküller arası çekim kuvveti, potansiyel enerji ve düzensizlik hakkında doğru cevaplar yazamadığı hatta bilinçli cevaplar veremediği gözlenmektedir. Ancak genel olarak öğrencinin moleküller arası çekim kuvveti, potansiyel enerji ve düzensizlik kavramlarını öğrendiği söylenebilir. Öğrenci, hal değişimlerinde moleküller arası çekim kuvvetinin ve moleküllerin birbirine olan uzaklığını düşünerek; Etkinlik 10'daki 3h sorusunda hal değişiminde moleküler yapının ve 4c sorusunda ise molekül sayısının değişeceğini iddia etmiştir.

Etkinlik 10'daki 4a sorusunda 0°C 'de m gram buzun tamamı eriyerek 0°C 'de su haline geçerken hacmin değişmediği, buna zıtlık oluşturacak biçimde 5b sorusunda ise hacmin değiştiği iddia edilmiştir. Öğrenci görüşmesinde bu değişimin nasıl olduğu sorulduğunda öğrenci, *“Suyun kaynamasında değiştiği gibi erirken de değişir”* cevabını vermiştir. Bu görüş, Etkinlik 3'e dayandırılarak, hacim değişimi için sıcaklık değişiminin gerekliliğini içine alan çatıya dayandırılmıştır. Etkinlik 6'da *“Isınınca sıcaklık değişir”* ifadesi kullanılmıştır. Etkinlik 4'e bakılırsa, ısı ve sıcaklığın doğru orantılı olduğu ve sıcaklık arttıkça ısının da arttığı iddia edilmiştir. Öğrenci bir maddeye ısı verildiğinde o maddenin sıcaklığının arttığını, buna bağlı olarak da hacminin arttığını iddia etmiştir. Yani öğrenci ısı ve sıcaklık kavramları ile karşılaşınca *“hacim değişimi için sıcaklık değişimi gerekir”* görüşünü içine alan çatısını, *“hacim değişimi için maddeye ısı verilmesi gerekir”* şeklinde genişletmiştir. Ancak öğrencinin kurmuş olduğu bu çatı yetersizdir. Çünkü her ısı verilisinde sıcaklık artışının olmayacağı, bu enerjinin moleküller arası bağı kırmak için kullanılacağı öğrenci tarafından öğrenilmemiştir. Daha sonra öğrenci, kurmuş olduğu bu çatıyı 0°C 'de m gram buzun tamamı eriyerek 0°C 'de su haline geçişi sırasındaki hacim değişiminde kullanmıştır. Öğrenci, kurmuş olduğu çatısına suyun $+4^{\circ}\text{C}$ 'de en küçük hacim değerine sahip olduğu bilgisini yerleştirmemiştir.

Madde ve özellikleri ile ilgili kavram çarkındaki *“kütle çekim ivmesi”* kavramının çarkta bulunan diğer kavramlar ile olası ilişkileri kurulamamıştır.

Öğrencinin bu kavramı yorumlamada ve bu kavramı matematiksel işlemlerde kullanarak soruların cevaplarına ulaşamadığı görülmektedir. Madde ve özellikleri ile ilgili kavram çarkında kavramlar arasında kurulan ilişkilerin çoğunluğunun basit düzeyde ve eksik olduğu görülmektedir. Isı ve sıcaklık ile ilgili kavram çarkındaki ve Isıtılan maddeye verilen enerji ile ilgili kavram çarkındaki tüm kavramlar arasında, her ne kadar kurulan her ifade fizik ilkeleri açısından doğru olmasa da, öğrencinin kendine göre anlam yüklediği ilişkileri yazdığı görülmektedir.

Genel olarak Öğrenci F'nin vermiş olduğu cevaplar incelendiğinde, öğrencinin düşüncelerinin genellikle birbirinden kopuk olduğu ve çok azının birbiri ile ilişkili olduğu gözlenmiştir. Öğrencinin görüşlerinden çok azı birbirini tamamlar niteliktedir. Öğrencinin sayısal değerleri kullanarak çözmesi gereken problemlerden hiçbirinde matematiksel ifadeleri kullanarak sonuca ulaşamadığı görülmektedir.

3. 1. 7. Öğrenci G'nin Etkinliklere Vermiş Olduğu Cevaplar

3. 1. 7. 1. Madde ve Özellikleri ile İlgili Kavram Çarkının Değerlendirilmesi (Etkinlik-1)

- 1-3: Eşit kollu terazinin hacmi vardır.
- 1-4: Eşit kollu terazide yoğunluk vardır.
- 1-5: Eşit kollu terazinin birimi ağırlıktır.
- 1-6: Eşit kollu terazinin kütle çekim ivmesi vardır.
- 1-7: Eşit kollu terazide ağırlığı ölçmek için kilogram gerekir.
- 1-8: Eşit kollu terazi de ağırlığı ölçmek için Newton da gerekir.
- 1-13: Eşit kollu terazide ağırlık önemlidir.
- 2-3: Kütlenin hacmi vardır.
- 2-4: Kütlenin yoğunluğu vardır.
- 2-5: Kütlede ağırlık olmadığı zaman kütle özelliğini yitirir.
- 2-6: Kütlenin, kütle çekim kuvvetine ihtiyacı vardır.
- 2-7: Kütlenin ağırlığını ölçmek için kilograama ihtiyaç vardır.
- 3-7: Ağırlık, kilogram ile ölçülür.
- 3-12: Özkütle, kütlenin hacme bölümüdür. Özkütleyi bulmak için kütleye ihtiyaç vardır.
- 4-12: Özkütle ile yoğunluk önemlidir.
- 5-13: Özağırlık için ağırlığa ihtiyaç vardır.
- 6-10: Kütle çekim kuvveti ile kütle çekim ivmesi arasında ilişki vardır.
- 6-12: Özkütlerde kütle çekim kuvveti yoktur.
- 7-8: Kütle ile ağırlık arasında ilişki vardır.
- 12-13: Özkütleyi bulmak için ağırlığa ihtiyaç vardır.

3. 1. 7. 2. Madde ve Özellikleri ile İlgili Kavram Sınıflandırması
(Etkinlik-2)

Madde

katı
sıvı
gaz

Kütle

katıların kütlesi
sıvıların kütlesi
gazların kütlesi

Hacim

katıların hacmi
sıvıların hacmi
gazların hacmi
geometrik olmayan
cisimlerin hacimleri
geometrik biçimli
cisimlerin hacimleri

Özkütle

katıların özkütlesi
sıvıların özkütlesi
gazların özkütlesi

Ağırlık

Newton
kütle çekim kuvveti
kütle çekim ivmesi
eşit kollu terazi

Maddelerin Ortak Özellikleri

kütle
eylemsizlik
hacim

Maddelerin Ayırt Edici Özellikleri

yoğunluk
basınç
özkütle

3. 1. 7. 3. Tablo 3. 25. Madde ve Özellikleri ile İlgili Sorulara ait Değerlendirme Tablosu (Etkinlik-3)

SIRA	KAVRAMLAR	İLGİLİ OLAN SORU	SORUNUN İÇERİĞİ	SORUYA VERİLEN DOĞRU CEVAP	SORUYA VERİLEN YANLIŞ CEVAP	AÇIKLAMALAR
1	Hacim Kavramı	1c	Hacim tanımı	+		
		1d	Hacim tanımı		+	
		3	Kürenin hacim ifadesi			Kürenin hacim ifadesi kullanılmamış.
		3	Özkütle formülünü kullanarak hacim kavramına ulaşma			Cevap verilmemiş.
		9	Hacim değişimi		+	Ay' da hacim azalır.
2	Kütle Kavramı	5	Hacmin sıcaklık ve basınç ile değişimi	+		
		2	Hacmin sıcaklık ve basınç ile değişimi	+		
		9	Kütle değişimi		+	
		1a	Kütle tanımı		+	Ay' da kütle azalır.
		4	Ağırlık değişimi	+		
3	Ağırlık Kavramı	6	Ağırlık değişimi			Cevap verilmemiş.
		9	Ağırlık değişimi	+		
		3	Özkütle formülü			Özkütle formülü kullanılmamış.
		2	Özkütlenin, hacim değişimi ile değişmesi	+		
		5	Özkütlenin, hacim değişimi ile değişmesi	+		
4	Özkütle Kavramı	1b	Özkütle tanımı		+	
		6	Özkütle formülü			Özkütle formülü kullanılmamış.
		2	Özkütle, yerçekimi ivmesinin değişmesi ile değişimi	+		
		2	Özkütle, özkütlenin değişimi ile değişmesi		+	
		7	Yerçekimi tanımı	+		
5	Özgül Ağırlık Kavramı	8	Eylensizlik tanımı	+		
		6	Yerçekimi ivmesinin değişimi			Cevap verilmemiş.
		9	Yerçekimi ivmesinin değişimi	+		
		2	Yerçekimi ivmesinin değişimi	+		
		4	Yerçekimi ivmesinin değişimine ait yorum	+		

3. 1. 7. 4. Isı ve Sıcaklık ile İlgili Sorular (Etkinlik-4)

Isı ve sıcaklık nedir? Tanımlayınız.

Isı, enerji çeşididir. Sıcaklık, enerjinin kendisine denir.

Isı ve sıcaklık arasındaki ilişki enerjidendir. Isı birimi, kalori ve joule'dir. Isı, kalorimetre; sıcaklık, termometre ile ölçülür.

Bir beherin içine su koyup, o suyu da ateşe koyup bir süre beklersek; suyun ısındığını görürüz ve termometrenin değerinin yükseldiğini görürüz. Sıcaklık arttıkça termometre ısısı artar ve sıcaklık arttıkça su kaynama noktasına gelir. Isı sıcaklıkla doğru orantılıdır.

3. 1. 7. 5. Isı ve Sıcaklık ile İlgili Kavram Çarkının Değerlendirilmesi (Etkinlik-5)

1-2: Isı, enerji çeşididir.

1-3-6: Termometreler, ısı ve sıcaklık ölçmek için kullanılır.

1-5: Toplam kinetik enerji ısıdır.

1-7: Isı, kalorimetre kabı ile ölçülür.

1-8: Isı birimi, joule'dür.

1-13: Isıları ölçmek için Fahrenheit cinsi bir termometre kullanılır.

1-17: Sıcak bir maddeden soğuk bir maddeye ısı transferi olur.

1-19: Sıcak su, soğuk suya ısı verirse buna verilen ısı denir.

2-3: Sıcaklık, enerjinin kendisidir.

3-4: Ortalama kinetik enerji, sıcaklıktır.

3-14: Sıcaklık soğuk bir tabakaya vardığında sıcaklık değişimi meydana gelir.

5-15: Toplam kinetik enerjide sıcak su ile soğuk su molekülleri birbirine çarpışır ve ısı alışverişi olur.

6-10: Celsius, bizim kullandığımız termometredir.

3. 1. 7. 6. Isıtılan Maddeye Verilen Enerji ile İlgili Kavram Çarkının Değerlendirilmesi

(Etkinlik-6)

1-2: Isı arttıkça madde cinsi değişir.

1-3: Isının kalorisine göre sıcaklık değişir.

1-4: Isı, madde miktarına göre değişir.

1-5: Isı, zamana göre değişir.

2-3: Madde cinsine göre sıcaklık değişir.

2-4: Madde miktarı arttıkça madde cinsi değişir.

2-5: Madde cinsi zamana göre hareket eder.

3-4: Madde miktarına göre sıcaklık değişir.

3-5: Sıcaklık değişimi, zamana göre hareket eder.

4-5: Madde miktarı zamanla değişir.

3. 1. 7. 7. Isı ve Sıcaklık ile İlgili Kavram Sınıflandırması

(Etkinlik-7)

Formül

kütle
özkütle
basınç
kalori
joule
ısı

Termometre

Kelvin
Reaumur
Celsius
Fahrenheit
termometre

Enerjiler

joule
kalori
ortalama kinetik enerji
toplam kinetik enerji
enerji

Isılar

ısı
sıcaklık
termometre
kalorimetre kabı
sıcaklık değişimi
ısı alışverişi
ısı transferi
alınan ısı

Miktarlar

verilen ısı
alınan ısı
sıcaklık değişimi
hal değişimi
madde miktarı
ısı transferi
ısı alışverişi
mutlak sıfır
sıcaklık

Değişimler

alınan ısı
verilen ısı
sıcaklık değişimi
hal değişimi
ısı alışverişi

3. 1. 7. 8. Tablo 3. 26. Isı ve Sıcaklık ile İlgili Sorular-1'e ait Değerlendirme Tablosu (Etkinlik-8)

SIRA	KAVRAMLAR	İLGİLİ OLAN SORU	SORUNUN İÇERİĞİ	SORUYA VERİLEN DOĞRU CEVAP	SORUYA VERİLEN YANLIŞ CEVAP	AÇIKLAMALAR
1	$Q=m.c.\Delta T$	1	$Q=m.c.\Delta T$ ifadesinin kullanımı			$Q=m.c.\Delta T$ ifadesi kullanılmamış.
		3	$Q=m.c.\Delta T$ ifadesinin kullanımı	+		
		2	$Q=m.c.\Delta T$ ifadesinin yorumu	+		
2	Özısı kavramı	2a	$Q=m.c.\Delta T$ ifadesinde özısı kavramını yorumlama		+	Özısıların aynı olması gerekir.
		3	$Q=m.c.\Delta T$ ifadesini kullanarak özısı kavramına ulaşma	+		
3	Isı sıgası kavramı	2c	$Q=m.c.\Delta T$ ifadesini kullanarak ısı sıgası kavramına ulaşma		+	
		3	$Q=m.c.\Delta T$ ifadesini kullanarak ısı sıgası kavramına ulaşma	+		
		5	Özkütle kavramını yorumlama	+		
4	Özkütle kavramı	5	Özkütle kavramını yorumlama			
5	Isı değişimi kavramı	4a	Isı değişimi kavramını yorumlama		+	
6	Sıcaklık değişimi kavramı	4b	Sıcaklık değişimi tanımı		+	
7	Son sıcaklık kavramı	4c	Son sıcaklık tanımı	+		
8	Kütle kavramı	2b	$Q=m.c.\Delta T$ ifadesinde kütle kavramını yorumlama		+	Kütlelerinin aynı olması gerekir.
9	Hacim kavramı	5	Sıcaklık kavramını kullanarak hacmi yorumlama		+	Suyun hacmi azalır, özkütlesi artar.

3. 1. 7. 9. Tablo 3. 27. Isı ve Sıcaklık ile İlgili Sorular-2'ye ait Değerlendirme Tablosu (Etkinlik-9)

SIRA	KAVRAMLAR	İLGİLİ OLAN SORU	SORUNUN İÇERİĞİ	SORUYA VERİLEN DOĞRU CEVAP	SORUYA VERİLEN YANLIŞ CEVAP	AÇIKLAMALAR
1	Q=m.c.ΔT	1	Q=m.c.ΔT ifadesinin kullanımı			Q=m.c.ΔT ifadesi kullanılmamış.
		3	Q=m.c.ΔT ifadesinin kullanımı			Q=m.c.ΔT ifadesi kullanılmamış.
		5	Q=m.c.ΔT ifadesinin kullanımı			Q=m.c.ΔT ifadesi kullanılmamış.
2	Ağırlık kavramı	6	Q=m.c.ΔT ifadesinin yorumu			Yorum yapılmamış.
		3	Ağırlık formülünün kullanımı			Ağırlık formülü kullanılmamış.
		6	Ağırlık değişimi	+		
3	Özkütle kavramı	1	Özkütle formülünün kullanımı			Özkütle formülü kullanılmamış.
		5	Özkütle formülünün kullanımı			Özkütle formülü kullanılmamış.
		4	Özkütle kavramının yorumu			Özkütle kavramı yorumlanmamış.
4	Hacim kavramı	5	Kürenin hacim ifadesi			Kürenin hacim ifadesi kullanılmamış.
		4b	Özkütle formülünü kullanarak hacim kavramına ulaşma			Cevap verilmemiş.
		4c	Gazların hacmini hatırlama			Cevap verilmemiş.
5	Kütle kavramı	1	Özkütle formülünü kullanarak kütle kavramına ulaşma			Özkütle formülü kullanılmamış.
		3	Ağırlık formülünü kullanarak kütle kavramına ulaşma			Ağırlık formülü kullanılmamış.
		5	Özkütle formülünü kullanarak kütle kavramına ulaşma			Özkütle formülü kullanılmamış.
6	Kaynama	4a	Kaynama sonucunda buharlaşma olayını hatırlama			Cevap verilmemiş.
		2	Basınç ile kaynamanın gerçekleşmesini hatırlama	+		Ay'da su 100 °C'de kaynar.
		6	Basınç ile kaynamanın gerçekleşmesini hatırlama		+	Yerçekimi ivmesinin zamana etki ettiği (30*6=180dk) düşünülmüş.

3. 1. 7. 10. Tablo 3. 28. Isı ve Sıcaklık ile İlgili Sorular-3'e ait Değerlendirme Tablosu (Etkinlik-10)

SIRA	KAVRAMLAR	İLGİLİ OLAN SORU	SORUNUN İÇERİĞİ	SORUYA VERİLEN DOĞRU CEVAP	SORUYA VERİLEN YANLIŞ CEVAP	AÇIKLAMALAR
1	Moleküller Arası Çekim Kuvveti kavramı (M.A.Ç.K.)	1a	M.A.Ç.K. tanımı	+		
		1b	M.A.Ç.K. tanımı	+		
		1c	M.A.Ç.K. tanımı	+		
		1d	M.A.Ç.K. tanımı		+	
		2c	M.A.Ç.K. tanımı		+	Moleküller arası çekim kuvveti artar.
2	Potansiyel Enerji kavramı	3a	M.A.Ç.K. ile Potansiyel Enerji arasındaki ilişki	+		
		4b	M.A.Ç.K. tanımı	+		
		2a	Potansiyel Enerji tanımı	+		
		3c	Potansiyel Enerji tanımı	+		Daha büyüktür.
		4d	Potansiyel Enerji tanımı		+	
3	Düzensizlik kavramı	5c	Potansiyel Enerji tanımı		+	0 °C'deki buz 0 °C'de su haline gelirken Potansiyel Enerji aynıdır.
		2b	Düzensizliğin tanımı	+		Daha büyüktür.
		3d	Düzensizliğin tanımı	+		
4	Kinetik Enerji kavramı	3i	Düzensizliğin tanımı	+		
		3b	Kinetik Enerji tanımı	+		
		6a	Kinetik Enerji tanımı	+		
5	Hacim kavramı	6b	Kinetik Enerji tanımı	+		
		3e	Hacim tanımı	+		
		4a	Hacim tanımı		+	
		5b	Hacim tanımı		+	0 °C'deki buz 0 °C'de su haline gelirken hacimi değişmez.
		3f	Kütle tanımı	+		
6	Kütle kavramı	4f	Kütle tanımı	+		
		3g	Özkütle tanımı	+		
7	Özkütle kavramı	5a	Özkütle tanımı		+	0 °C'deki buz 0 °C'de su haline gelirken özkütle değişmez.
		3h	Moleküller yapı tanımı		+	
8	Moleküller yapı kavramı	4c	Molekül sayısı tanımı	+		
9	Molekül sayısı kavramı	4e	Isı Sığası tanımı		+	
10	Isı sığası kavramı					
11	Ortalama Kinetik Enerji kavramı	6d	Ortalama Kinetik Enerji tanımı	+		
12	Toplam Kinetik Enerji kavramı	6c	Toplam Kinetik Enerji tanımı		+	

3. 1. 7. 11. Öğrenci G'ye ait Etkinliklerin Değerlendirmesi:

Öğrencinin Etkinlik 1'i oluşturan madde ve özellikleri ile ilgili kavram çarkında kullandığı ifadeler incelendiğinde “Eşit kollu terazide yoğunluk vardır”, “Eşit kollu terazinin kütle çekim ivmesi vardır”, “Eşit kollu terazinin birimi ağırlıktır”, “Eşit kollu terazide ağırlığı ölçmek için kilogram gerekir”, “Eşit kollu terazi de ağırlığı ölçmek için Newton da gerekir”, “Kütlede ağırlık olmadığı zaman kütle özelliğini yitirir”, “Ağırlık, kilogram ile ölçülür”, “Kütlenin, kütle çekim kuvvetine ihtiyacı vardır” cümlelerinden “ağırlık, kütle, kütle çekim kuvveti ve eşit kollu terazi” kavramlarının birbirine karıştırıldığı görülmektedir. Etkinlik 2'deki kavram sınıflandırmasında da öğrencinin ağırlık sınıfına “eşit kollu terazi” kavramını dahil etmesi, “ağırlık ile kütle ve eşit kollu terazi” kavramlarının birbirine karıştırılmaya devam edildiğini gösteren bir bulgudur. Öğrenci görüşmesinde “Kütlede ağırlık olmadığı zaman kütle özelliğini yitirir” ifadesinin açıklanması istenildiğinde öğrenci, her maddenin mutlaka ağırlığı olması gerektiğini söylemiştir. Öğrenci bu görüşüne rağmen Etkinlik 2'deki kavram sınıflandırmasında ağırlık kavramını maddenin ortak özellikleri sınıfına dahil etmemiştir. Bu durum öğrencinin bu fikrinden vazgeçtiğini göstermektedir. Etkinlik 1'deki kavram çarkında öğrenci “Kütlenin, kütle çekim kuvvetine ihtiyacı vardır” ifadesine mantıklı açıklamalar getirememiştir. Bununla birlikte öğrenci “Kütle çekim kuvveti ile kütle çekim ivmesi arasında ilişki vardır” ve “Kütle ile ağırlık arasında ilişki vardır” şeklinde sözel açıklamalar getirebilmiştir. Ancak ağırlığın “ $G=m.g$ ” şeklinde bir ifadesini tanımlayamamıştır. Öğrenci ağırlık ifadesine sahip olmadığından bu formülü kullanarak çözmesi gereken Etkinlik 3'teki 6.soruda ve Etkinlik 9'daki 3. soruda çözüme ulaşamamıştır. Genel olarak, öğrencinin yerçekimi ve yerçekimi ivmesinin değişimini öğrendiği söylenebilir. Etkinlik 3'teki 9. soruda yerçekimi ivmesinin ağırlığı değiştirdiğinin bilinmesi yanında genelleme yapılarak kütle ve hacmin de Ay'da azaldığı iddia edilmiştir.

Kütle hacim ve yoğunluk arasında yazılan “Kütlenin hacmi vardır” ve “Kütlenin yoğunluğu vardır” ifadelerindeki kütle ile öğrencinin maddeyi kastettiği öğrenci görüşmesinde anlaşılmıştır.

Etkinlik 1'i oluşturan kavram çarkında öğrencinin kurduğu tüm ilişkilere bakıldığında, bu ilişkiler arasında “Özağırlık için ağırlığa ihtiyaç vardır” ifadesi yazılmasına rağmen hiç “Özağırlık, ağırlığın hacme bölümüdür” veya “ $\delta=G/V$ ”, “Ağırlık, kütle ile kütle çekim kuvvetinin çarpımıdır” veya “ $G=m.g$ ” gibi matematiksel ifadeler veya matematiksel ifadeleri anlatan sözsel tanımlamaların kullanılmadıkları dikkat çekicidir. Eğer Etkinlik 3, Etkinlik 8 ve Etkinlik 9 incelenirse, ağırlık, özağırlık ve özkütle formülleri ile çözülmesi gereken sorularda bu formüllerin kullanılmadıkları görülmektedir. Etkinlik 1'deki kavram çarkında sadece “Özkütle, kütlenin hacme bölümüdür. Özkütleyi bulmak için kütleye ihtiyaç vardır” ifadesi kullanılmış ve bu kavram ile ilgili yorumlar Etkinlik 3, Etkinlik 8 ve Etkinlik 10'da yapılabilmektedir. Bu bulgulara dayanarak şu sonuca varılabilir: Eğer bir fiziksel gerçek, string ile gösterilemediği gibi aynı zamanda bu fiziksel gerçeğin sözel tanımı da yapılamıyor ise bu fiziksel gerçeğe ait kavramlar öğrenilmemiş demektir yada eğer bir fiziksel gerçek string ile ifade edilip, bu fiziksel gerçeğe ait sözel tanım yapılamıyor ise öğrenci tarafından ezber yapıldığı anlamına gelir ve bu ifade zaman içinde unutulmaya mahkumdur. Ancak öğrenci tarafından yazılabilen string'in sözel tanımı da verilebiliyor ise öğrenci, bu kavramı sağlam temeller içerisinde öğrenmiştir. Böyle bir durumda kazanılan ifade zaman içerisinde kalıcılığını korur iken, bu ifade ile ilgili yorumlar da öğrenci tarafından rahatlıkla yapılabilir.

Etkinlik 3'teki 1. soruda uzayda kapladıkları yer ve şekilleri aynı olan cisimlerin hacimleri ile beraber kütlelerinin de aynı olduğu iddia edilmiş ve Etkinlik 1'deki “Özkütle, kütlenin hacme bölümüdür” ifadesi ile $d=m/V$ formülüne dayalı olarak bu maddelerin özkütlelerinin de eşit olduğu iddia edilmiştir. Öğrencinin kurmuş olduğu çatının tutarlı bir biçimde işlediği görülmektedir. Çünkü öğrenci maddelerin hacimleri ve kütleleri eşit olması durumunda özkütlelerinin de eşit olduğu yargısına ulaşabilmiştir.

Etkinlik 1'deki kavram çarkında öğrenci, özkütle için “Özkütle, kütlenin hacme bölümüdür” şeklinde tanım yapsa da Etkinlik 3'te özkütle ve özağırlık formüllerini hatırlayıp soruları cevaplandıramamıştır. Uygulanan etkinlikler süresince sayısal

değerlerin özkütle formülünde kullanılarak çözülmesi gereken problemleri öğrencinin çözemediği ancak özkütle formülünü kullanarak yorum yapabildiği görülmektedir. Etkinliklerde sayısal değerlerin kullanılarak cevaplandırılması gereken problemler, sadece $d=m/V$ ifadesini kullanmaya yönelik olmayıp; birkaç basamağın bir arada düşünülerek çözülmesi gereken problemlerdir. Öğrenci bu problemleri çözemiyor ancak $d=m/V$ ifadesini yorumlayabiliyor ise bu durum, öğrenci düşüncelerinin parçalı olduğunu ve bu parçalar arasında ilişkilerin kurulamadığını gösterir.

Kürenin hacim ifadesi Etkinlik 3'te 3. soruda ve Etkinlik 9'da 5. soruda kullanılmamıştır. Bu durum, öğrencinin zaman içinde bu ifadeyi kazanamadığını göstermektedir.

Etkinlik 8'de öğrenci $Q=m.c.\Delta T$ ifadesine ait soruları cevaplandırabilirken Etkinlik 9'da ise $Q=m.c.\Delta T$ ifadesine ait soruları cevaplandıramamıştır. Öğrencinin tüm anlamalarının yok olduğu gözlenmektedir. Hem $Q=m.c.\Delta T$ ifadesinin hem de özkütle kavramının önce kullanılıp sonradan yok olması, öğrencinin kazandığı kavramların mevcut çatıda yer alan diğer kavramlar ile sağlam ilişkilerinin kurulamamasından dolayı bir süre sonra unutulduğunu göstermektedir.

$Q=m.c.\Delta T$ ifadesindeki kavramların öğrenci tarafından nasıl algılandığını ortaya çıkartmayı amaçlayan Etkinlik 6'daki kavram çarkında öğrenci; “*Madde miktarı arttıkça madde cinsi değişir*”, “*Isı arttıkça madde cinsi değişir*”, “*Madde miktarı zamanla değişir*”, “*Madde cinsi zamana göre hareket eder*” gibi birbiriyle tutarlı olmayan cümleler kurmuştur. Bu ifadelere bakılarak öğrencinin kavramlar arasında tamamen yüzeysel ve özümsememiş ilişkiler kurduğu söylenebilir.

Etkinlik 8'deki 4. soruda sıcaklıkları farklı aynı cins $2m$ ve m kütleli iki cismin birbirine temas etmesi halinde; maddeler arasındaki sıcaklık değişimlerinin aynı, ısı değişimlerinin farklı ve sıcaklık değişimi sonucunda son sıcaklıklarının aynı olduğu iddia edilmiştir. Bu durum, öğrencinin temas ettirilen maddelerin sıcaklık farkından dolayı, sıcaklık farkını azaltacak şekilde ısı transfer edildiğini öğrenmediğini

göstermektedir. Isı transferinde; sıcaklık değişimleri aynı değil, ısı değişimleri aynıdır. Öğrenci ısı ve sıcaklık kavramlarını karıştırmıştır.

Etkinlik 7'deki kavram sınıflandırmasında, ısı, ısı alışverişi, ısı transferi gibi terimlerin bulunduğu sınıfın içerisine sıcaklık değişimi de dahil edilmiştir. Bu durum öğrencinin ısı ve sıcaklık kavramlarını karıştırdığını göstermektedir. Öğrencinin Etkinlik 4'te yazdığı: *“Isı ve sıcaklık doğru orantılıdır”, “Isı, enerji çeşididir. Sıcaklık, enerjinin kendisine denir. Arasındaki ilişki enerjidendir. Isı birimi, kalori ve joule'dür. Isı, kalorimetre; sıcaklık, termometre ile ölçülür. Bir beherin içine su koyup, o suyu da ateşe koyup bir süre beklersek; suyun ısındığını görürüz ve termometrenin değerinin yükseldiğini görürüz. Sıcaklık arttıkça termometre ısısı artar ve sıcaklık arttıkça su kaynama noktasına gelir”*; Etkinlik 5'te yazdığı: *“Termometreler, ısı ve sıcaklık ölçmek için kullanılır”, “Isıları ölçmek için Fahrenheit cinsi bir termometre kullanılır”* ve Etkinlik 6'da yazdığı: *“Isının kalorisine göre sıcaklık değişir”* şeklindeki ifadeler öğrencinin “ısı ve sıcaklık” kavramlarını sağlam temellere oturtamadığını gösterir. Etkinlik 7'de termometre kavramı, ısılar sınıfına dahil edilmiştir. Bu sınıflandırma ve termometre için yazılan diğer ifadeler, bu aracın ısı ve sıcaklık ölçümlerinden hangisinde kullanıldığının karıştırıldığını göstermektedir. Isı, toplam kinetik enerji; sıcaklık, ortalama kinetik enerji olarak algılanmıştır.

Öğrencinin Etkinlik 6'da yazdığı *“Isı arttıkça madde cinsi değişir”* ve *“Madde cinsi zamana göre hareket eder”* cümlelerindeki “madde cinsinin değişmesi” ifadesinden öğrencinin “hal değişimini” anlatmak istediği görüşmelerde ortaya çıkmıştır.

Etkinlik 8'deki 2. soruda öğrenci iki cisme eşit miktarda ısı verildiğinde, her ikisinin de sıcaklığının eşit miktarda artabilmesi için bu cisimlerin kütlelerinin ve özısılarının eşit olması gerektiği cevabını vermiş ancak bunların çarpımı olan ısı sığası cevabını vermemiştir. Öğrencinin vermiş olduğu bu cevap doğrudur. Ancak bu durum, öğrencinin kütle ile özısının çarpımının ısı sığasına eşit olduğunu bilmediğini gösterir. Etkinlik 10'da da öğrenci, su ve buzun özısılarının farklı olmasından dolayı

ısı sığalarının farklı olacağı yargısına ulaşamamıştır. Yani incelenilen süreç içerisinde öğrenci, ısı sığası kavramına ulaşamamıştır.

Etkinlik 8'deki 5. soruda öğrenci suyun $+4^{\circ}\text{C}$ 'deki suyun 0°C 'ye doğru soğutulması durumunda hacmin azalacağını, özkütlenin de $d=m/V$ ifadesinden hacim azalmasına dayalı olarak artacağını ifade etmektedir. Aslında öğrencinin ortaya koyduğu bu alternatif çatı kendi sınırları içerisinde tutarlıdır. Çünkü öğrenci, Etkinlik 3'te hacmin değişmesi için sıcaklığın değişmesi gerektiğine dair görüşünü içeren mevcut çatısını Etkinlik 8'de de kullanmıştır.

Etkinlik 9'daki 2. soruda Ay'da kaynamanın gerçekleşmesi için dış basıncın sıvı buhar basıncına eşit olması ilkesi hatırlanarak, Ay'da kaynama sıcaklığını 100°C olarak ifade ederken, 6. soruda yerçekimi ivmesinin Ay'da azalması ile kaynamanın $30 \cdot 6 = 180$ dakikada gerçekleşeceği iddia edilmiştir. Suyun Ay'da ve Dünya'daki miktarı yani kütlesi değişmediği için kaynamanın gerçekleştiği 100°C 'ye ulaşmak için geçen sürenin de aynı olması yani 30 dakika olması gerekir. Buradan, kaynama noktası ile kaynama noktasına ulaşmak için geçen süre arasındaki ilişkiyi öğrencinin göremediği sonucu çıkmaktadır. Öğrencinin vermiş olduğu 180 dakikada kaynar cevabı, öğrencinin mevcut çatısı ile de tutarlı değildir. Eğer öğrenci Etkinlik 3'teki 9. soruda kütlenin Ay'da azaldığı görüşünü burada da sürdürse idi $30/6$ dakikada kaynar cevabını vermesi gerekirdi.

Etkinlik 10'daki 4a sorusunda 0°C 'de m gram su ile 0°C 'de m gram buzun hacminin aynı olmadığı, 5b sorusunda ise 0°C 'de m gram buzun tamamı eriyerek 0°C 'de su haline geçerken hacmin değişmediği ifade edilmiştir. Bu durum öğrencinin öğrenmelerinde bir çelişki olduğunu gösterir. 0°C 'de m gram buzun tamamı eriyerek 0°C 'de su haline geçerken hacmin değişmediği ifade edildiğinden ve kütleleri eşit olduğundan $d=m/V$ ifadesi kullanılarak özkütlenin de değişmediği sonucuna ulaşılmıştır. Öğrenci görüşmesinde bu yargıya nasıl ulaştığı sorulduğunda, öğrenci *"Hacim değişimi için sıcaklığın değişmesi gerekir. Ancak burada sıcaklık değişmiyor. Bu nedenle hacim değişmez"* cevabını vermiştir. Öğrencinin ilk başta hacim değişimi için sıcaklık değişiminin gerekliliği görüşünü içeren çatısı, hal

değişiminde hacmin değişmemesi yönünde görüşün gelişmesine etki etmiştir. Öğrencinin Etkinlik 8’de kullandığı çatısı hal değişimindeki hacim değişimini içine alacak şekilde geliştirilmemiştir. Bu durum, öğrencinin sahip olduğu alternatif çatının basamak basamak zaman içerisinde geliştirilmediğini, ilk başta var olan çatıdan yararlanılarak birden fazla alternatif çatının geliştirilebildiğini gösterir. Ayrıca bu durum, öğrencinin eş zamanlı olarak birden fazla alternatif çatıya sahip olduğunun bir göstergesidir.

0 ⁰C’de *m* gram buzun tamamı eriyerek 0 ⁰C’de su haline geçerken potansiyel enerjisinin de değişmediği ifade edilmiştir. Uçuculuk ile moleküller arasındaki çekim kuvveti arasında ilişki kurulamamıştır ve gaz faza geçerken moleküller arası çekim kuvvetinin arttığı ifade edilmiştir. Halbuki öğrencinin bu kavramlara vermiş oldukları diğer cevaplar doğru iken, 1d ve 2c sorularına yanlış cevaplar verilmiş olması öğrenmenin sağlam temellere inşa edilmediğini gösterir. Etkinlik 10’daki 3h sorusunda, hal değişiminde moleküler yapının değiştiği savunulmuştur.

Madde ve özellikleri ile ilgili kavram çarkındaki “metreküp ve Newton/kilogram” kavramları ile çarkta bulunan diğer kavramlar arasında ilişki kurulamamıştır. Öğrenci görüşmesinde de bu kavramlar açıklanamamıştır. Isı ve sıcaklık ile ilgili kavram çarkındaki “kalori, Kelvin, Reaumur, mutlak sıfır, alınan ısı ve kütle” kavramlarının diğer kavramlar ile ilişkilerinin kurulamaması, öğrencinin bu kavramları bilmediği anlamına gelmez. Öğrenci diğer etkinliklerde; kaloringin ısı birimi olduğunu ifade etmiştir. Etkinlik 7’deki kavram sınıflandırmasında alınan ve verilen ısı, değişimler sınıfına; Kelvin ve Reaumur, termometre sınıfına; mutlak sıfır, miktarlar sınıfına dahil edilmiştir. Öğrenciye “mutlak sıfır nedir?” sorusu yöneltildiğinde cevap alınamamıştır. Isıtılan maddeye verilen enerji ile ilgili kavram çarkındaki tüm kavramlar arasında, her ne kadar kurulan her ifade fizik ilkeleri açısından doğru olmasa da, öğrencinin kendine göre anlam yüklediği ilişkileri yazdığı görülmektedir. Genel olarak kavram çarklarında kavramlar arasında kurulan ilişkiler incelendiğinde, bunların çoğunluğunun fizik ilkeleri açısından doğru olmadığı ve bu ilişkilerin yüzeysel olduğu görülmektedir.

3. 1. 8. Öğrenci H'nin Etkinliklere Vermiş Olduğu Cevaplar

3. 1. 8. 1. Madde ve Özellikleri ile İlgili Kavram Çarkının Değerlendirilmesi (Etkinlik-1)

1-7: Eşit kollu terazide bulunan ağırlık, kilogram cinsinden açıklanır.

1-11: Eşit kollu terazide ağırlık tartılır. Ağırlık birimi, Newton'dur. Kilogram cinsinden ifade edilir.

1-13: Ağırlık, eşit kollu terazi ile ölçülür.

2-4: Kütle ile yoğunluk doğru orantılıdır. Kütle arttıkça yoğunluk da artar.

2-12: Kütle, bir maddenin özkütlesini bulmada yardım eder. $d=m/V$ 'dir.

2-3-12: Kütle, hacim ve özkütle, bir maddenin özkütlesini bulurken bir formül ile ifade edilir. $d=m/V$ 'dir.

3-9: Hacim birimi, m^3 'tür.

4-12: Yoğunluk ve özkütle, maddenin ayırt edici özellikleri olarak bulunur.

5-10: Özağırlık formülünde, kütle çekim ivmesi yer alır.

6-13: Kütle çekim kuvveti, ağırlıktır.

7-8: Kilogram, ağırlığı simgeler. Ağırlık birimi, Newton'dur.

7-13: Ağırlığın ne kadar olduğunu söylerken kilogram kullanılır.

8-11: Newton, ağırlık birimidir. Ağırlığın cinsi, kilogramdır.

10-13: Kütle çekim ivmesi, $G=m.g$ şeklinde ağırlıkla ilişkili olup formülünde yer alır.

3. 1. 8. 2. Madde ve Özellikleri ile İlgili Kavram Sınıflandırması
(Etkinlik-2)

Madde

katı
sıvı
gaz

Kütle

katıların kütlesi
sıvıların kütlesi
gazların kütlesi

Hacim

katıların hacmi
sıvıların hacmi
gazların hacmi
geometrik olmayan
cisimlerin hacimleri
geometrik biçimli
cisimlerin hacimleri

Özkütle

katıların özkütlesi
sıvıların özkütlesi
gazların özkütlesi

Ağırlık

Newton
kütle çekim kuvveti
kütle çekim ivmesi
eşit kollu terazi

Maddenin Ortak Özellikler

kütle
eylemsizlik
hacim

Maddenin Ayırt Edici Özellikleri

basınç
yoğunluk
özkütle

3. 1. 8. 3. Tablo 3. 29. Madde ve Özellikleri ile İlgili Sorulara ait Değerlendirme Tablosu (Etkinlik-3)

SIRA	KAVRAMLAR	İLGİLİ OLAN SORU	SORUNUN İÇERİĞİ	SORUYA VERİLEN DOĞRU CEVAP	SORUYA VERİLEN YANLIŞ CEVAP	AÇIKLAMALAR
1	Hacim Kavramı	1c	Hacim tanımı	+		
		1d	Hacim tanımı		+	
		3	Kürenin hacim ifadesi			Kürenin hacim ifadesi kullanılmamış.
		3	Özkütle formülünü kullanarak hacim kavramına ulaşma			Cevap verilmemiş.
		9	Hacim değişimi		+	Ay'da hacim azalır.
2	Kütle Kavramı	5	Hacmin sıcaklık ve basınç ile değişimi	+		
		2	Hacmin sıcaklık ve basınç ile değişimi	+		
		9	Kütle değişimi		+	Ay'da kütle azalır.
		1a	Kütle tanımı	+		
		4	Ağırlık değişimi	+		Cismi uzayda ve yerin merkezinde tartarız.
3	Ağırlık Kavramı	6	Ağırlık değişimi			Dikkate alınmamış.
		9	Ağırlık değişimi	+		
		3	Özkütle formülü			Özkütle formülü kullanılmamış.
		2	Özkütlenin, hacim değişimi ile değişmesi	+		
		5	Özkütlenin, hacim değişimi ile değişmesi	+		
4	Özkütle Kavramı	1b	Özkütle tanımı	+		
		6	Özağırlık formülü	+		
		2	Özağırlığın, yerçekimi ivmesinin değişmesi ile değişimi	+		
		2	Özağırlığın, özkütlenin değişimi ile değişmesi		+	
		7	Yerçekimi tanımı	+		
5	Özağırlık Kavramı	8	Eylemsizlik tanımı	+		
		6	Yerçekimi ivmesinin değişimi		+	1/6 değeri dikkate alınmamış.
		9	Yerçekimi ivmesinin değişimi	+		
		2	Yerçekimi ivmesinin değişimi	+		
		4	Yerçekimi ivmesinin değişimine ait yorum			Yorum yapılmamış.

3. 1. 8. 4. Isı ve Sıcaklık ile İlgili Sorular (Etkinlik-4)

Isı ve sıcaklık nedir? Tanımlayınız.

Isı ve sıcaklık farklı şeylerdir. Ancak ısı, sıcaklık ile doğru orantılıdır. Moleküller arasındaki ısı miktarı arttıkça sıcaklığa dönüşür. Daha hızlı hareket eder. Isı, bir enerjidir. Isı, sıcaklığa dönüşür ve kinetik enerji olur. Sıcaklık, ısı moleküllerini hızlandırarak kinetik enerjiye dönüştürür. Su molekülleri hızlanır.



3. 1. 8. 5. Isı ve Sıcaklık ile İlgili Kavram Çarkının Değerlendirilmesi (Etkinlik-5)

1-2: Isı, bir enerji çeşididir.

1-5: Toplam kinetik enerji, ısı formülünde yer aldığı için.

1-7: Isı, kalorimetre kabı ile ölçülür.

1-8: Isı birimi, joule'dür.

1-9: Isı birimi, kalori'dir.

1-15: Isısı yüksek olan bir madde ile isısı düşük olan madde ısı alışverişi yapar.

1-17: Sıcak bir maddenin soğuk maddeye ısı aktarmasına ısı transferi denir.

1-18: Soğuk maddenin sıcak maddeden aldığı ısı, alınan ısıdır.

1-19: Sıcak maddenin soğuk maddeye verdiği ısı, verilen ısıdır.

1-20: Maddenin ısınması kütleyle bağlıdır. Kütle büyük olan geç ısınır.

3-4: Sıcaklığı bağlı olarak ortalama kinetik enerji farklılık gösterir.

3-6: Sıcaklık, termometre ile ölçülür.

3-10: Sıcaklık, Celsius termometresi ile ölçülür.

3-11: Sıcaklık, Kelvin termometresi ile ölçülür.

3-12: Sıcaklık, Reaumur termometresi ile ölçülür.

3-13: Sıcaklık, Fahrenheit termometresi ile ölçülür.

3-14: Sıcaklığı diğerine göre yüksek olan bir madde sıcaklığı düşük olan ile birleşince sıcaklık değişimi olur.

6-10: Celsius, bir termometre ismidir.

6-11: Kelvin, bir termometre adıdır.

6-12: Reaumur, bir termometre ismidir. Termometreyi bulan kişinin ismini almıştır.

6-13: Fahrenheit, bir termometre cinsidir.

15-18-19: Isı alışverişinde; alınan ısı, verilen ısıya eşittir.

3. 1. 8. 6. Isıtılan Maddeye Verilen Enerji ile İlgili Kavram Çarkının Değerlendirilmesi

(Etkinlik-6)

1-2: Bir maddenin ısısı, maddenin cinsine ve kütlesine bağlıdır. Madde cinsi ikisinde de aynı olursa sonuç aynı, madde cinsi farklı olursa sonuç da farklı olur.

1-3: Isıları farklı maddelerde ısı alışverişi gerçekleşir. Bazen sıcaklık değişimi farklı olur. Bu da maddenin cinsinden dolayıdır.

1-4: İki beher glas'a koyduğumuz sulardan birinin miktarı daha fazla olursa, o daha geç ısınır. Diğer daha çabuk ısınır.

1-5: Maddeye verilen ısı miktarı, zamana göre farklılık gösterir. Bir maddeye ne kadar çok zaman ısı verilirse o süre maddenin daha çok ısınmasına neden olur.

2-3: Sıcaklık değişimi, maddenin cinsine bağlıdır. Farklı iki cins madde olursa sıcaklık değişimleri eşit olmaz.

3-4: Madde miktarı eğer farklılık arz ediyorsa buna bağlı olarak sıcaklık değişimi de farklılık gösterir.

4-5: Madde miktarı ve zaman birbirine doğru orantılıdır. Madde miktarı arttıkça maddenin sıcaklığını arttırmak için maddeye verilecek ısıнын süresi de artar.

3. 1. 8. 7. Isı ve Sıcaklık ile İlgili Kavram Sınıflandırması
(Etkinlik-7)

Isı Birimi

joule
kalori

Termometre

Kelvin
Reaumur
Celsius
Fahrenheit

Isı

enerji

Sıcaklık Değişimi

özkütle
kelvin
kütle
basınç
mutlak sıfır

Madde

madde cinsi
madde miktarı

Isı

hal değişimi
alınan ısı
verilen ısı

Enerji

ortalama KE
toplam KE

Isı Transferi

alınan ısı
verilen ısı

Sıcaklık

Kalorimetre kabı

3. 1. 8. 8. Tablo 3. 30. Isı ve Sıcaklık ile İlgili Sorular-1'e ait Değerlendirme Tablosu (Etkinlik-8)

SIRA	KAVRAMLAR	İLGİLİ OLAN SORU	SORUNUN İÇERİĞİ	SORUYA VERİLEN DOĞRU CEVAP	SORUYA VERİLEN YANLIŞ CEVAP	AÇIKLAMALAR
1	$Q=m.c.\Delta T$	1	$Q=m.c.\Delta T$ ifadesinin kullanımı			$Q=m.c.\Delta T$ ifadesi kullanılmamış.
		3	$Q=m.c.\Delta T$ ifadesinin kullanımı	+		
		2	$Q=m.c.\Delta T$ ifadesinin yorumu	+		
2	Özısı kavramı	2a	$Q=m.c.\Delta T$ ifadesinde özısı kavramını yorumlama	+		
		3	$Q=m.c.\Delta T$ ifadesini kullanarak özısı kavramına ulaşma	+		
		2c	$Q=m.c.\Delta T$ ifadesini kullanarak ısı sıgası kavramına ulaşma	+		
3	Isı sıgası kavramı	3	$Q=m.c.\Delta T$ ifadesini kullanarak ısı sıgası kavramına ulaşma	+		
		5	Özkütle kavramını yorumlama	+		
		4a	Isı değişimi kavramını yorumlama	+		
4	Özkütle kavramı	4b	Sıcaklık değişimi kavramını tanımlama	+		
		4c	Son sıcaklık kavramını tanımlama	+		
5	Kütle kavramı	2b	$Q=m.c.\Delta T$ ifadesinde kütle kavramını yorumlama	+		
		5	Sıcaklık kavramını kullanarak hacmi yorumlama		+	Suyun hacmi azalır ve özkütlesi artar.

3. 1. 8. 9. Tablo 3. 31. Isı ve Sıcaklık ile İlgili Sorular-2'ye ait Değerlendirme Tablosu (Etkinlik-9)

SIRA	KAVRAMLAR	İLGİLİ OLAN SORU	SORUNUN İÇERİĞİ	SORUYA VERİLEN DOĞRU CEVAP	SORUYA VERİLEN YANLIŞ CEVAP	AÇIKLAMALAR
1	Q=m.c.ΔT	1	Q=m.c.ΔT ifadesinin kullanımı	+		
		3	Q=m.c.ΔT ifadesinin kullanımı	+		
		5	Q=m.c.ΔT ifadesinin kullanımı	+		
2	Ağırlık kavramı	6	Q=m.c.ΔT ifadesinin yorumu			Yorum yapılmamış.
		3	Ağırlık formülünün kullanımı	+		
		6	Ağırlık değişimi	+		
3	Özkütle kavramı	1	Özkütle formülünün kullanımı	+		
		5	Özkütle formülünün kullanımı			Özkütle formülü kullanılmamış.
		4	Özkütle kavramının yorumu	+		
4	Hacim kavramı	5	Kürenin hacim ifadesi	+		
		4b	Özkütle formülünü kullanarak hacim kavramına ulaşma	+		Su buharlaşmıştır.
		4c	Gazların hacmini hatırlama		+	Suyun hacmi ısı verildiğinde değişir.
5	Kütle kavramı	1	Özkütle formülünü kullanarak kütle kavramına ulaşma	+		
		3	Ağırlık formülünü kullanarak kütle kavramına ulaşma		+	m= 30N olarak alınmış.
		5	Özkütle formülünü kullanarak kütle kavramına ulaşma			Kütle değeri dikkate alınmamış.
6	Kaynama	4a	Kaynama sonucunda buharlaşma olayını hatırlama	+		
		2	Basınç ile kaynamanın gerçekleşmesini hatırlama		+	Ayda atmosfer ve molekül olmadığı için kaynamaz.
		6	Basınç ile kaynamanın gerçekleşmesini hatırlama	+		30 dakikada kaynar.

3. 1. 8. 10. Tablo 3. 32. Isı ve Sıcaklık ile İlgili Sorular-3'e ait Değerlendirme Tablosu (Etkinlik-10)

SIRA	KAVRAMLAR	İLGİLİ OLAN SORU	SORUNUN İÇERİĞİ	SORUYA VERİLEN DOĞRU CEVAP	SORUYA VERİLEN YANLIŞ CEVAP	AÇIKLAMALAR
1	Moleküller Arası Çekim Kuvveti kavramı (M.A.Ç.K.)	1a	M.A.Ç.K. tanımı	+		
		1b	M.A.Ç.K. tanımı	+		
		1c	M.A.Ç.K. tanımı	+		
		1d	M.A.Ç.K. tanımı		+	
		2c	M.A.Ç.K. tanımı	+		
2	Potansiyel Enerji kavramı	3a	M.A.Ç.K. ile Potansiyel Enerji arasındaki ilişki	+		
		4b	M.A.Ç.K. tanımı	+		
		2a	Potansiyel Enerji tanımı	+		
		3c	Potansiyel Enerji tanımı	+		
		4d	Potansiyel Enerji tanımı	+		
3	Düzensizlik kavramı	5c	Potansiyel Enerji tanımı	+		0 °C'deki buz 0 °C'de su haline gelirken ısı verildikçe Potansiyel Enerji artar.
		2b	Düzensizliğin tanımı	+		
		3d	Düzensizliğin tanımı	+		
		3i	Düzensizliğin tanımı	+		
		3b	Kinetik Enerji tanımı	+		
4	Kinetik Enerji kavramı	6a	Kinetik Enerji tanımı	+		
		6b	Kinetik Enerji tanımı	+		
		3e	Kinetik Enerji tanımı	+		
		4a	Hacim tanımı	+		
		5b	Hacim tanımı	+		
5	Hacim kavramı	3f	Kütle tanımı	+		Isı verilince hacim değişir.
		4f	Kütle tanımı	+		
		3g	Özkütle tanımı		+	
		5a	Özkütle tanımı		+	
		3h	Moleküller yapı tanımı	+		Özkütle her zaman aynıdır.
6	Kütle kavramı	4c	Molekül sayısı kavramı		+	
		4e	Isı sıgası kavramı		+	
		6d	Ortalama Kinetik Enerji tanımı	+		
		6c	Toplam Kinetik Enerji tanımı	+		
		6c	Toplam Kinetik Enerji kavramı	+		

3. 1. 8. 11. Öğrenci H'ye ait Etkinliklerin Değerlendirmesi:

Etkinlik 1'deki kavram çarkında öğrencinin yazmış olduğu; *“Eşit kollu terazide bulunan ağırlık, kilogram cinsinden açıklanır”, “Eşit kollu terazide ağırlık tartılır. Ağırlık birimi, Newton'dur. Kilogram cinsinden ifade edilir”, “Ağırlık eşit kollu terazi ile ölçülür”, “Kilogram, ağırlığı simgeler. Ağırlık birimi Newton'dur”, “Ağırlığın ne kadar olduğunu söylerken kilogram kullanılır”, “Newton, ağırlık birimidir. Ağırlığın cinsi kilogramdır”* şeklindeki cümlelerden öğrencinin, “ağırlık, kütle, kilogram ve Newton” kavramlarını karıştırdığı, bunların arasındaki farkı ve bunların birbiri ile olan ilişkisini tam olarak anlamadığı söylenebilir. Eşit kollu terazi ile cisimlerin kütlelerinin ölçüldüğü öğrenilmemiştir. Etkinlik 2'deki kavram sınıflandırmasında ağırlık sınıfı içerisine “eşit kollu terazi” kavramının dahil edilmesi, bu yargıyı doğrular niteliktedir. Etkinlik 9'daki 3. soruda, ağırlığı 30N olarak verilen bir maddenin kütlelerinin $m=30N$ şeklinde ağırlığına eşit olarak alınması, zaman içerisinde bu görüşün devam ettirildiğini göstermektedir. Etkinlik 1'de kütle çekim ivmesi ve ağırlık kavramları için *“ $G=m.g$ şeklinde ağırlıkla ilişkili olup formülünde yer alır”* ifadesi yer alsa da bu formül kullanılarak ağırlık değerinden $m=3kg$ şeklinde kütle değerine ulaşamamıştır. Bunun yerine $G=m.g$ ifadesi kullanılarak $G=300$ alınmıştır. Bu durum, öğrencinin $G=m.g$ ifadesini bildiğini, ancak bu ifadedeki kütle ve ağırlık kavramlarını birimleri de dahil olmak üzere zaman içinde doğru öğrenmediğini ve bunları karıştırmaya devam ettiğini göstermektedir.

Etkinlik 3'te 4. soruda ağırlığın değişmesi için *“Cismi uzayda ve yerin merkezinde tartarız”* ifadesi kullanılmış ancak uzayda ve yerin merkezinde değişenin yerçekimi ivmesi olduğu belirtilmemiştir. Sayısal değerlerde Ay'da yerçekimi ivmesinin Dünya'dakine göre $1/6$ değerinde olduğu dikkate alınarak 9. soruda ağırlık doğru olarak bulunmuş, ancak genelleme yapılarak kütle ve hacmin de Ay'da $1/6$ oranında azaldığı kabul edilmiştir.

Etkinlik 3'teki 3. soru ile Etkinlik 9'daki 5. soru hacim ve özkütle kavramlarının kullanımı açısından benzerlikler gösterir. Etkinlik 3'teki 3. sorunun çözümünde izlenilmesi gereken yolda öncelikle; özkütle formülünden hacim değerine ulaşmak, daha sonra bu değeri kürenin hacim formülünde yerine koymak gerekir. Bu sorunun çözümü, sırasıyla özkütle ve hacim formülünün kullanılması şeklinde iki bölüme ayrılabilir. Etkinlik 9'daki 5. sorunun çözümünde izlenilmesi gereken yolda ise öncelikle; kürenin hacim formülünden hacim değerini bulmak ve bu değeri özkütle formülünde kullanarak kütle kavramına ulaştıktan sonra bu değeri $Q=m.c.\Delta T$ ifadesinde kullanmak gerekir. Bu sorunun çözümü ise sırasıyla hacim, özkütle ve $Q=m.c.\Delta T$ formüllerinin kullanılması şeklinde üç bölüme ayrılabilir. Öğrencinin bu iki soruya vermiş olduğu cevaplar incelendiğinde; öğrencinin Etkinlik 3'teki 3. soruya hiç cevap veremediği yani kürenin hacim ifadesini ve özkütle formülünü yazamadığı görülmüştür. Yapılan öğrenci görüşmesinde öğrenciye “özkütle ve kürenin hacim ifadesi nedir?” sorusu yöneltildiğinde, öğrenciden özkütle formülü için doğru cevap alınmış ancak kürenin hacim ifadesinin bilinmediği ortaya çıkmıştır. Etkinlik 9'daki 5. soruda öğrencinin $Q=m.c.\Delta T$ ve kürenin hacim ifadesini yazdığı görülmektedir. Her ne kadar yapılan öğrenci görüşmesinde özkütle tanımı ve formülü öğrenci tarafından söylenebilmesine rağmen, Etkinlik 9'daki 5. sorunun çözümünde özkütle formülü kullanılmamıştır. Bu durum, kürenin hacim ifadesinin zaman içerisinde kazanıldığını göstermektedir. Ancak her iki etkinlikte de öğrenci, bir sorunun çözümünü oluşturan bileşenler yani kavramlar arasındaki ilişkileri görüp soruya bir bütün olarak bakamamıştır. Bu durum, öğrencinin anlamalarındaki kopukluğa ve öğrenci zihnindeki bilgi elemanları arasındaki parçalı duruma işaret etmektedir. Öğrencinin özkütle kavramının sözel tanımını yapması ve formülünü söyleyebilmesi ancak birden fazla basamağı içeren sorularda bu kavramın kullanılamaması öğrencinin kavramı basit düzeyde algıladığını ve bu algılamasının göreve özel olduğunu gösterir.

Etkinlik 8 ve Etkinlik 9'a bakıldığında, $Q=m.c.\Delta T$ ifadesine ait öğrenmelerin kazanıldığı ve ilgilenilen süreç içerisinde soruların çözümünde genel olarak bu ifadenin kullanıldığı görülmektedir.

Etkinlik 5'teki kavram çarkında öğrencinin “*Sıcaklık, termometre ile ölçülür*” ve “*Isı, kalorimetre kabı ile ölçülür*” ifadeleri kullanmasına rağmen, Etkinlik 7'daki kavram sınıflandırmasında kalorimetre kabı sıcaklık başlığı altına dahil edilmiştir.

Etkinlik 8'deki 4. soruya öğrencinin doğru cevap verdiği gözlenmektedir. Etkinlik 5'teki kavram çarkı için öğrencinin yazdığı ifadelerden bu soruya verilen cevabın temellerinde “*Sıcaklığı diğerine göre yüksek olan bir madde, sıcaklığı düşük olan ile birleşince sıcaklık değişimi olur*” ve “*Isı alışverişinde, alınan ısı verilen ısıya eşittir*” ifadelerinin yer aldığı gözlenmektedir.

“*Sıcak bir maddenin soğuk maddeye ısı aktarmasına ısı transferi denir*”, “*Soğuk maddenin sıcak maddeden aldığı ısı, alınan ısıdır*” ve “*Sıcak maddenin soğuk maddeye verdiği ısı, verilen ısıdır*” ifadeleri öğrencinin sıcaklık farkından dolayı ısı aktarımının gerçekleştiğini anladığını göstermektedir. Ancak yazılan “*Isı yüksek olan bir madde ile ısı düşük olan madde ısı alışverişi yapar*” ifadesinde öğrenci maddelerin kütlelerini ve özısılarını da dikkate alması gerekirdi. “*Sıcaklığı diğerine göre yüksek olan bir madde, sıcaklığı düşük olan ile birleşince sıcaklık değişimi olur*” ifadesinde öğrenci, “ısı ve sıcaklık” kavramlarını karıştırmıştır. Öğrenci bazı durumlarda doğru açıklamalar getirirken, bazı durumlarda yanlış açıklamalar getirebilmektedir. Bu durum, öğrenmenin sağlam temellere oturmadığını göstermektedir.

Etkinlik 8'deki 2a ve 3. sorularında, ısı ve sıcaklık arasındaki ilişkilerden özısı ve ısı sığası kavramlarına ait cevaplar doğru olarak verilebilmesine karşın; Etkinlik 10'daki 4e sorusunda, 0°C 'de m gram su ile 0°C 'de m gram buzun ısı sığalarının farklı olduğu cevabı verilememiştir. Bu durum, öğrencinin $Q=m.c.\Delta T$ ifadesi içerisinde matematiksel olarak ısı sığası kavramına ulaşabildiğini, ancak ısı sığasının $C=m.c$ ifadesi ile su ve buzun özısılarının farklı olmasından dolayı ısı sığalarının farklı olacağı yorumunu yapamadığını gösterir.

Etkinlik 9'daki kaynama kavramını ölçmeyi amaçlayan 6. soruda Dünya'daki ortam Ay'da yaratıldığı için kaynamanın 30 dakikada gerçekleştiği ifade edilmiştir. Yerçekimi ivmesinin zamana etki etmediği öğrenilmiştir. Aynı etkinlikteki 2. soruda ise Dünyadaki basınçlı ortamın Ay'da sağlandığının soru cümlesi içinde yer alması göz ardı edilerek “*Ayda atmosfer ve molekül olmadığı için kaynamaz*” ifadesi kullanılmıştır. Her ne kadar öğrenci soruyu yanlış algılasa da bu durum, öğrencinin “kaynamanın sıvı buhar basıncının dış basınca eşit olduğunda gerçekleştiğini” öğrendiğini gösterir.

Etkinlik 10'da 1. soruda maddenin uçuculuğu ile moleküller arası çekim kuvveti arasında ilişki kurulamamıştır. Genel olarak verilen cevaplar incelendiğinde; öğrencinin, “moleküller arasındaki çekim kuvveti” kavramını öğrendiği görülmektedir.

Öğrenci, Etkinlik 3'te hacmin değişmesi için sıcaklığın değişmesi gerektiğine dair görüşünü içeren mevcut çatısını Etkinlik 8'de de kullanmıştır. Etkinlik 8'deki 5. soruda öğrenci $+4\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'deki suyun $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'ye doğru soğutulması durumunda hacmin azalacağını, özkütlenin de $d=m/V$ ifadesinden hacim azalmasına dayalı olarak artacağını ifade etmektedir. Öğrenci $+4\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'deki suyun hacminin en küçük olduğu bilgisini kullanmamıştır. Aslında öğrencinin ortaya koyduğu bu alternatif çatı, kendi sınırları içerisinde tutarlıdır.

Etkinlik 9'daki 4c sorusunda suyun buharlaşması ile hacminde meydana gelen değişiklik, “*Suyun hacmi ısı verildiğinde değişir*” şeklinde ifade edilmiştir. “Suyun hacmi ısı verildiğinde değişir” görüşü, Etkinlik 3'teki “sıcaklık artınca hacim artar” görüşü ve Etkinlik 4'teki “*Isı ve sıcaklık doğru orantılıdır*” görüşüne dayanarak geliştirilmiştir. Bu alternatif çatıya göre öğrenci, maddeye ısı verildiğinde her zaman hacminin artacağını savunmuştur. Bu görüş, her ne kadar erime sırasında sıcaklık sabit olsa da, Etkinlik 10'da $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de m gram buzun tamamı eriyerek $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de su haline geçişi sırasındaki hacim değişiminde de kullanılmıştır.

Eğer öğrenci, Etkinlik 10'daki 5b sorusunda 0°C 'de m gram buzun tamamı eriyerek 0°C 'de su haline geçişi sırasında hacmin değişeceği yönünde bir çatı geliştirmiş ise $d=m/V$ ifadesi gereğince özkütlenin de değişmesi yönünde anlama geliştirmesi gerekirdi. Halbuki öğrenci, 0°C 'de m gram buzun tamamı eriyerek 0°C 'de su haline geçerken özkütlenin aynı kalacağını savunmuştur. Burada çelişki vardır. Geliştirilen çatı mantıklı ve tutarlı olarak işlememektedir. Özkütlenin değişmeyeceği görüşü 3g sorusuna da uygulanarak; açık bir sistemdeki suyun hal değişimlerinde; buz, buz+su, su, su+buhar ve buhar fazlarında da özkütlenin aynı olduğu iddia edilmektedir. Etkinlik 3'teki 2 ve 5. sorularda ve Etkinlik 8'deki 5. soruda, sıcaklık değişimi ile hacmin değişeceğine ve böylece özkütlenin değişeceğine dair mevcut olan çatı Etkinlik 10'da öğrenci tarafından kullanılmamıştır.

Öğrenci Etkinlik 10'daki 4c sorusunda 0°C 'de m gram buzun tamamı eriyerek 0°C 'de su haline geçerken molekül sayısının değiştiğini savunmuştur.

Madde ve özellikleri ile ilgili kavram çarkındaki, Isı ve sıcaklık ile ilgili kavram çarkındaki ve Isıtılan maddeye verilen enerji ile ilgili kavram çarkındaki tüm kavramlar arasında, her ne kadar kurulan her ifade fizik ilkeleri açısından doğru olmasa da, öğrencinin kendine göre anlam yüklediği ilişkileri yazdığı görülmektedir.

3. 1. 9. Öğrenci I'nın Etkinliklere Vermiş Olduğu Cevaplar

3. 1. 9. 1. Madde ve Özellikleri ile İlgili Kavram Çarkının Değerlendirilmesi (Etkinlik-1)

1-13: Ağırlık, eşit kollu terazi ile ölçülür.

2-3 : Kütle ve hacim, maddenin özellikleridir. Kütle'nin hacme bölünmesi ile özkütle bulunur.

2-4: Kütle arttıkça yoğunluk da artar.

2-5: Öz ağırlık hesaplanırken kütle'den de yararlanılır.

2-12: Bir cismin özkütlesi, $d=m/V$ formülü ile bulunur. Kütle'nin hacme bölümü özkütleyi verir.

3-9: Hacim birimi, metreküp'tür.

3-12: Bir cismin özkütlesi $d=m/V$ formülü ile bulunur. Kütle'nin hacme bölümü özkütleyi verir.

4-12: Özkütle ve yoğunluk aynı anlama gelmektedir. Bir cismin yoğunluğu özkütlesini verir.

5-13: Öz ağırlık, ağırlık yardımı ile hesaplanır.

6-13: Ağırlık arttıkça kütle çekim kuvveti de artar.

7-8: Newton ve kilogram, ağırlık birimleridir.

7-13: Ağırlık, kilogram cinsinden ölçülür.

8-13: Ağırlığın birimi, Newton'dur.

11-13: Ağırlık, Newton/kilogram ile gösterilir.

3. 1. 9. 2. Madde ve Özellikleri ile İlgili Kavram Sınıflandırması
(Etkinlik-2)

Madde

katı
sıvı
gaz

Kütle

katıların kütlesi
sıvıların kütlesi
gazların kütlesi

Hacim

katıların hacmi
sıvıların hacmi
gazların hacmi
geometrik olmayan
cisimlerin hacimleri
geometrik biçimli
cisimlerin hacimleri

Özkütle

katıların özkütlesi
sıvıların özkütlesi
gazların özkütlesi

Ağırlık

Newton
kütle çekim kuvveti
kütle çekim ivmesi
eşit kollu terazi

Maddenin Ortak Özellikler

kütle
yoğunluk
hacim
eylemsizlik
basınç
sıcaklık

3. 1. 9. 3. Tablo 3. 33. Madde ve Özellikleri ile İlgili Sorulara ait Değerlendirme Tablosu (Etkinlik-3)

SIRA	KAVRAMLAR	İLGİLİ OLAN SORU	SORUNUN İÇERİĞİ	SORUYA VERİLEN DOĞRU CEVAP	SORUYA VERİLEN YANLIŞ CEVAP	AÇIKLAMALAR
1	Hacim Kavramı	1c	Hacim tanımı	+		
		1d	Hacim tanımı		+	
		3	Kürenin hacim ifadesi	+		
		3	Özkütle formülünü kullanarak hacim kavramına ulaşma			Özkütle formülü kullanılmamış.
		9	Hacim değişimi	+		Ay'da hacim değişmez.
2	Kütle Kavramı	5	Hacmin sıcaklık ve basınç ile değişimi	+		
		2	Hacmin sıcaklık ve basınç ile değişimi	+		
		9	Kütle değişimi	+		
		1a	Kütle tanımı	+		Ay'da kütle değişmez.
		4	Ağırlık değişimi	+		
3	Ağırlık Kavramı	6	Ağırlık değişimi			Cevap verilmemiş.
		9	Ağırlık değişimi	+		Ay'da ağırlık azalır.
		3	Özkütle formülü			Özkütle formülü kullanılmamış.
		2	Özkütlenin, hacim değişimi ile değişmesi	+		
		5	Özkütlenin, hacim değişimi ile değişmesi	+		
4	Özkütle Kavramı	1b	Özkütle tanımı	+		
		6	Özağırlık formülü		+	Özkütle bulunmuş.
		2	Özağırlığın, yerçekimi ivmesinin değişmesi ile değişimi		+	
		2	Özağırlığın, özkütlenin değişimi ile değişmesi	+		
		7	Yerçekimi tanımı	+		
5	Özağırlık Kavramı	8	Eylemsizlik tanımı	+		
		6	Yerçekimi ivmesinin değişimi		+	
		9	Yerçekimi ivmesinin değişimi	+		
		2	Yerçekimi ivmesinin değişimi			Yerçekimi ivmesinin değişimi dikkate alınmamış.
		4	Yerçekimi ivmesinin değişimine ait yorum	+		

3. 1. 9. 4. Isı ve Sıcaklık ile İlgili Sorular (Etkinlik-4)

Isı ve sıcaklık nedir? Tanımlayınız.

Isı, bir enerjidir. Sıcaklık, ısı enerjisinin şiddetidir. Isı, kalorimetre ile ölçülür. Sıcaklık, termometre ile ölçülür. Isının birimi kalori ve joule'dir. Sıcaklığın birimi derecedir.



3. 1. 9. 5. Isı ve Sıcaklık ile İlgili Kavram Çarkının Değerlendirilmesi (Etkinlik-5)

1-2: Isı, bir enerji çeşididir.

1-3: Sıcaklık, ısının şiddetidir.

1-5: Toplam kinetik enerji, ısıyı verir.

1-7: Isı, kalorimetre kabı ile ölçülür.

1-8: Joule, bir ısı birimidir.

1-9: Kalori, bir ısı birimidir.

3-4: Ortalama kinetik enerji, sıcaklığı verir.

3-6: Sıcaklık, termometre ile ölçülür.

4-10: Ortalama kinetik enerji, Celsius ile gösterilir. Bu sıcaklık birimidir.

4-11: Ortalama kinetik enerji, Kelvin ile gösterilir. Bu sıcaklık birimidir.

4-12: Ortalama kinetik enerji, Reaumur ile gösterilir. Bu sıcaklık birimidir.

4-13: Ortalama kinetik enerji, Fahrenheit ile gösterilir. Bu sıcaklık birimidir.

5-8: Toplam kinetik enerji, joule ile gösterilir.

5-9: Toplam kinetik enerji, kalori ile gösterilir.

6-10: Celsius, termometre çeşididir.

6-11: Kelvin, termometre çeşididir.

6-12: Reaumur, termometre çeşididir.

6-13: Fahrenheit, termometre çeşididir.

14-15: Isı alışverişi sırasında maddelerin sahip oldukları sıcaklıklar değişir.

15-17: Isı alışverişinde ısı transferi olur.

18-19: Alınan ısı, verilen ısıya eşittir.

3. 1. 9. 6. Isıtılan Maddeye Verilen Enerji ile İlgili Kavram Çarkının Değerlendirilmesi

(Etkinlik-6)

1-2: Madde miktarları aynı olsa bile, her maddenin cinsi farklı olduğu için bunların ısıları da farklıdır.

1-3: Isı arttıkça sıcaklık da o derecede artacaktır. Isı sıcaklıkla doğru orantılıdır.

2-3: Madde miktarları aynı olsa bile; her maddenin cinsi farklı olduğundan bu maddelerin, sıcaklık değişimleri farklı olur. Örneğin; alkol 78 ⁰C'de kaynar, su 100 ⁰C'de kaynar.

2-5: Kaynama noktasına göre düşünersek her madde farklı zaman aralıklarında kaynar.

3-5: Isıtılan her maddenin zamanla sıcaklığı değişir.

4-5: Madde miktarı arttıkça zaman artar. Örneğin; bir bardak su daha kısa sürede kaynarken, bir kova su ondan daha fazla bir zamanda kaynar.

3. 1. 9. 7. Isı ve Sıcaklık ile İlgili Kavram Sınıflandırması
(Etkinlik-7)

Termometre Türleri

Celsius
 Kelvin
 Fahrenheit
 mutlak sıfır
 Reaumur

Ölçü Birimleri

kalori
 joule
 kalorimetre kabı
 termometre

Isı

ısı
 ısı alışverişi
 ısı transferi
 sıcaklık değişimi
 alınan ısı
 verilen ısı
 hal değişimi

Sıcaklık

sıcaklık
 sıcaklık değişimi
 ortalama kinetik enerji
 toplam kinetik enerji
 enerji
 basınç

Maddenin Ortak Özellikleri

özkütle
 kütle

Maddenin Ayırt Edici Özellikleri

madde cinsi
 madde miktarı

3. 1. 9. 8. Tablo 3. 34. Isı ve Sıcaklık ile İlgili Sorular-1'e ait Değerlendirme Tablosu (Etkinlik-8)

SIRA	KAVRAMLAR	İLGİLİ OLAN SORU	SORUNUN İÇERİĞİ	SORUYA VERİLEN DOĞRU CEVAP	SORUYA VERİLEN YANLIŞ CEVAP	AÇIKLAMALAR
1	$Q=m.c.\Delta T$	1	$Q=m.c.\Delta T$ ifadesinin kullanımı			$Q=m.c.\Delta T$ ifadesi kullanılmamış.
		3	$Q=m.c.\Delta T$ ifadesinin kullanımı	+		
		2	$Q=m.c.\Delta T$ ifadesinin yorumu		+	
2	Özısı kavramı	2a	$Q=m.c.\Delta T$ ifadesinde özısı kavramını yorumlama	+		Özısı ayırt edici özellik olduğu için farklıdır.
		3	$Q=m.c.\Delta T$ ifadesini kullanarak özısı kavramına ulaşma	+		
3	Isı sırası kavramı	2c	$Q=m.c.\Delta T$ ifadesini kullanarak ısı sırası kavramına ulaşma		+	Isı sırası= $m.c'$ dir. m aynı, c farklı ise m.c farklıdır.
		3	$Q=m.c.\Delta T$ ifadesini kullanarak ısı sırası kavramına ulaşma	+		
4	Özkütle kavramı	5	Özkütle kavramını yorumlama	+		
5	Isı değişimi kavramı	4a	Isı değişimi kavramını yorumlama		+	
6	Sıcaklık değişimi kavramı	4b	Sıcaklık değişimi tanımı		+	
7	Son sıcaklık kavramı	4c	Son sıcaklık tanımı	+		
8	Kütle kavramı	2b	$Q=m.c.\Delta T$ ifadesinde kütle kavramını yorumlama		+	Kütle maddenin ortak özelliği olduğundan aynıdır.
9	Hacim kavramı	5	Sıcaklık kavramını kullanarak hacmi yorumlama		+	Suyun hacmi azalır, özkütlesi artar.

3. 1. 9. 9. Tablo 3. 35. Isı ve Sıcaklık ile İlgili Sorular-2'ye ait Değerlendirme Tablosu (Etkinlik-9)

SIRA	KAVRAMLAR	İLGİLİ OLAN SORU	SORUNUN İÇERİĞİ	SORUYA VERİLEN DOĞRU CEVAP	SORUYA VERİLEN YANLIŞ CEVAP	AÇIKLAMALAR
1	Q=m.c.ΔT	1	Q=m.c.ΔT ifadesinin kullanımı			Q=m.c.ΔT ifadesi kullanılmamış.
		3	Q=m.c.ΔT ifadesinin kullanımı	+		
		5	Q=m.c.ΔT ifadesinin kullanımı	+		
2	Ağırlık kavramı	6	Q=m.c.ΔT ifadesinin yorumu			Yorum yapılmamış.
		3	Ağırlık formülünün kullanımı			
		6	Ağırlık değişimi	+		
3	Özkütle kavramı	1	Özkütle formülünün kullanımı			Özkütle formülü kullanılmamış. Özkütle formülü kullanılmamış.
		5	Özkütle formülünün kullanımı			
		4	Özkütle kavramının yorumu	+		
4	Hacim kavramı	5	Kürenin hacim ifadesi			Kürenin hacim ifadesi kullanılmamış. Buhar haline gelip uçmuştur. Suyun hacmi azalmıştır.
		4b	Özkütle formülünü kullanarak hacim kavramına ulaşma	+		
		4c	Gazların hacmini hatırlama		+	
5	Kütle kavramı	1	Özkütle formülünü kullanarak kütle kavramına ulaşma			Özkütle formülü kullanılmamış. Ağırlık formülü kullanılmamış. Özkütle formülü kullanılmamış.
		3	Ağırlık formülünü kullanarak kütle kavramına ulaşma			
		5	Özkütle formülünü kullanarak kütle kavramına ulaşma			
6	Kaynama	4a	Kaynama sonucunda buharlaşma olayını hatırlama	+		Kaynadıkça dışarı buhar verir. Kaynamaz, çünkü yükseklere çıktıkça kaynama noktası düşer. Yükseklere çıktıkça KN azalacağından yerçekimi ivmesinin zamana etki ettiği (30/6 dk) düşünülmüş.
		2	Basınç ile kaynamanın gerçekleşmesini hatırlama		+	
		6	Basınç ile kaynamanın gerçekleşmesini hatırlama		+	

3. 1. 9. 10. Tablo 3. 36. Isı ve Sıcaklık ile İlgili Sorular-3'e ait Değerlendirme Tablosu (Etkinlik-10)

SIRA	KAVRAMLAR	İLGİLİ OLAN SORU	SORUNUN İÇERİĞİ	SORUYA VERİLEN DOĞRU CEVAP	SORUYA VERİLEN YANLIŞ CEVAP	AÇIKLAMALAR
1	Moleküller Arası Çekim Kuvveti kavramı (M.A.Ç.K.)	1a	M.A.Ç.K. tanımı	+		
		1b	M.A.Ç.K. tanımı	+		
		1c	M.A.Ç.K. tanımı	+		
		1d	M.A.Ç.K. tanımı	+		
		2c	M.A.Ç.K. tanımı	+		
		3a	M.A.Ç.K. ile Potansiyel Enerji arasındaki ilişki	+		
2	Potansiyel Enerji kavramı	4b	M.A.Ç.K. tanımı	+		
		2a	Potansiyel Enerji tanımı	+		
		3c	Potansiyel Enerji tanımı	+		
		4d	Potansiyel Enerji tanımı		+	
		5c	Potansiyel Enerji tanımı		+	0 °C'deki buz 0 °C'de su haline gelirken Potansiyel Enerji değişmez.
3	Düzensizlik kavramı	2b	Düzensizliğin tanımı	+		
		3d	Düzensizliğin tanımı	+		
		3i	Düzensizliğin tanımı	+		
4	Kinetik Enerji kavramı	3b	Kinetik Enerji tanımı	+		
		6a	Kinetik Enerji tanımı	+		
		6b	Kinetik Enerji tanımı	+		
		3e	Hacim tanımı	+		
5	Hacim kavramı	4a	Hacim tanımı	+		
		5b	Hacim tanımı	+		0 °C'deki buz 0 °C'de su haline gelirken hacimi azalır.
		3f	Kütle tanımı	+		
6	Kütle kavramı	4f	Kütle tanımı	+		
		3g	Özkütle tanımı	+		
7	Özkütle kavramı	5a	Özkütle tanımı	+		0 °C'deki buz 0 °C'de su haline gelirken özkütlesi artar.
8	Moleküler yapı kavramı	3h	Moleküler yapı tanımı		+	
9	Molekül sayısı kavramı	4c	Molekül sayısı tanımı	+		
10	Isı sıgası kavramı	4e	Isı Sığası tanımı	+		
11	Ortalama Kinetik Enerji kavramı	6d	Ortalama Kinetik Enerji tanımı	+		
12	Toplam Kinetik Enerji kavramı	6c	Toplam Kinetik Enerji tanımı	+		

3. 1. 9. 11. Öğrenci I'ya ait Etkinliklerin Değerlendirmesi:

Etkinlik 1'de yazılan *“Ağırlık, kilogram cinsinden ölçülür”*, *“Ağırlığın birimi, Newton'dur”*, *“Newton ve kilogram, ağırlık birimidir”*, *“Ağırlık, Newton/kilogram ile gösterilir”*, *“Ağırlık, eşit kollu terazi ile ölçülür”* ifadelerinden “ağırlık, kütle ve bunların birimleri olan Newton ve kilogram” kavramları birbirine karıştırılmıştır. Bu kavramlar arasındaki sınırlar öğrenci tarafından kesin olarak çizilememiştir. Etkinlik 2'deki kavram sınıflandırmasında, “eşit kollu terazi” kavramının, ağırlık sınıfına yerleştirilmesi bu kavramların karıştırılmaya devam ettiğini göstermektedir.

Öğrencinin ağırlığın değişebildiği durumları öğrendiği görülmektedir. Etkinlik 3'teki 9. soruda ağırlığın Ay'da, Dünya'daki değerine göre 6'da 1 oranında azaldığı ifade edilmiştir. Bununla birlikte Ay'da bir cismin kütle ve hacim değerlerinin değişmeyeceği de öğrenci tarafından öğrenilmiştir. Öğrenci ağırlık değişimini, kütle ve hacim değerleri üzerine genelleme yapmamıştır. Etkinlik 1'deki kavram çarkında *“Ağırlık arttıkça kütle çekim kuvveti de artar”* ifadesi yazılmıştır. Öğrenci görüşmesinde bu durumun açıklanması istenildiğinde öğrenci, *“Kütle çekim kuvveti ağırlıktır. Ağırlıklar farkı ise bunların kütle çekim kuvvetleri de farklıdır”* cevabını vermiştir. Bu açıklama, öğrencinin ağırlık ve kütle çekim kuvveti kavramlarına sahip olduğunu göstermektedir.

Etkinlik 2'deki kavram sınıflandırmasında, maddenin ortak özellikleri sınıfına, “kütle, hacim ve eylemsizlik” kavramlarının yanı sıra “yoğunluk, basınç ve sıcaklık” kavramlarının da katılması ilgi çekicidir. Öğrenci görüşmesinde bu sınıflandırmanın açıklanması istenildiğinde öğrenci, *“Her maddenin yoğunluğu olduğu için bu ortak özelliktir. Basınç ve sıcaklık ise tüm maddelere etki edebilir. Bu nedenle bunlar ortak özelliktir”* cevabını vermiştir. Etkinlik 7'deki kavram sınıflandırmasında maddenin ortak özellikleri sınıfına “kütle ve özkütle” kavramlarının dahil edilmesi Etkinlik 2'de kurulan çatının mevcudiyetini koruduğunu göstermektedir. Ayrıca Etkinlik 7'deki kavram sınıflandırmasında, sıcaklık sınıfına neden basınç kavramının dahil edildiği öğrenci görüşmesinde sorulduğu zaman, öğrenci basınç ve sıcaklığın maddelerin hacimlerini değiştirebileceğini söylemiştir. Öğrenci Etkinlik 3'te hacim

değişimi için sıcaklık veya basıncın değiştirilmesi gerektiği görüşünü Etkinlik 7'ye taşımıştır. Basınç kavramı, sıcaklık kavramı ile hacim değiştirme açısından ilişkilendirilmiştir.

1. Etkinliği oluşturan kavram çarkında kavramlar arasında kurulan ilişkiler incelendiğinde öğrencinin, “*Bir cismin özkütlesi, $d=m/V$ formülü ile bulunur. Kütlenin hacme bölümü özkütleyi verir*” ifadesini yazdığı görülür. Bu cümle özkütle ifadesini doğru bir biçimde tanımlamaktadır. Ancak öğrenci kütle ile yoğunluk arasında “*Kütle arttıkça yoğunluk ta artar*” ifadesini yazmıştır. Öğrenci görüşmesinde kütle ile yoğunluk artışı arasındaki ilişki sorulduğu zaman öğrenci, “*Aynı hacme sahip farklı maddelerin kütleleri arttıkça bunların yoğunlukları da artar*” cevabını vermiştir. Her ne kadar öğrenci özkütle ifadesini bilse de ileriki etkinliklerde problem çözümlerinde bu ifadeyi kullanmamıştır.

Etkinlik 1'daki kavram çarkında öğrenci, “*Özağırlık, ağırlık yardımı ile hesaplanır*” ve “*Özağırlık hesaplanırken kütleden de yararlanır*” şeklinde yazdığı ilişkilerde “özağırlık” kavramlarının tanımını yapabilmıştır. Ancak Etkinlik 3'teki 6. soruda özağırlık yerine özkütle bulunmuştur. Dolayısıyla bu soru içerisinde ağırlık ve yerçekimi ivmesinin değişimi dikkate alınmamıştır. Etkinlik 3'te bu kavramlar isim olarak birbirine karıştırılmış ve “özağırlık” denilince öğrencide “özkütle” kavramı çağrışım yapmıştır. Eğer öğrencinin Etkinlik 1'de özkütle için yazmış olduğu cümlelere bakılırsa, özkütlenin $d=m/V$ şeklindeki formülü ve bu formülün tam olarak sözsel ifadesi verilmiş iken; özağırlık için “ $\delta=G/V$ veya $\delta=d.g$ ” şeklinde matematiksel ifadeler veya “*Özağırlık, ağırlığın hacme bölümüdür; özağırlık, özkütle ile yerçekimi ivmesinin çarpımı ile bulunur*” şeklinde sözsel ifadelerin verilmediği görülür. Bu sebeple Etkinlik 3'teki 2. soruda özağırlığın, yerçekimi ile değişimi hatırlanamazken; özkütle ile değişimi hatırlanmıştır. Öğrenci özağırlığı etkileyen etmenleri tam olarak öğrenememiştir. Bu durum, bir kavramının tam olarak hem sözsel hem de matematiksel ifadeler şeklinde öğrenilmediği zaman bir süre sonunda unutulabileceğini göstermektedir.

Etkinlik 3'teki 3. soruda sadece kürenin hacim ifadesi yazılmış ancak hiçbir işlemde bulunulmamıştır. Yani kütleden yola çıkılarak ve özkütle ifadesi kullanılarak hacim değeri elde edilip bu değer kürenin hacim ifadesinde yerine yazılmamıştır. Öğrencinin burada hacim formülünü yazarak ezber yaptığı ve bu kavramı diğer kavramlar ile ilişkilendiremediği görülmektedir. Etkinlik 3'teki 3. sorunun daha üst seviyede düşünülmesini gerektiren Etkinlik 9'daki 5. soruda ise öğrenci kürenin hacim ifadesini de yazamamıştır. Öğrencinin yapmış olduğu ezber zaman içinde yok olmuştur. Eğer öğrenci Etkinlik 3'teki 3. soruda kavramlar arası ilişkileri kurarak sorunun cevabına ulaşırdı Etkinlik 9'daki 5. soruda da cevaba ulaşabilirdi. Çünkü cevaba ulaşmak için kavramlar arasındaki ilişkilere dayalı oluşturulan bir yol, ileri öğrenmeler için kolaylık sağlayacaktır.

Etkinlik 8 ve Etkinlik 9'daki problemlerin çözümlerinde öğrenci $Q=m.c.\Delta T$ ifadesini yazmış ancak bu ifade üzerinde sayısal değerleri kullanarak sonuca ulaşamamıştır. Etkinlik 8 ve Etkinlik 9'u oluşturan sorular, sadece basit düzeyde $Q=m.c.\Delta T$ ifadesini kullanarak çözülebilecek sorular değildir. $Q=m.c.\Delta T$ ifadesi ile birlikte kürenin hacim ifadesi, özkütle ve ağırlık gibi diğer kavramların da hatırlanarak kullanılması gerekir. Öğrenci bu etkinliklerde sadece $Q=m.c.\Delta T$ ifadesini yazıp sorunun çözümüne kendisini götürecek daha ileri seviyelere ulaşamamıştır. Bu durum, öğrencinin problemin çözümüne ulaşabilmek için kavramlar arasındaki ilişkileri kuramadığını ve basit düzeyde sadece ana çıkış noktalarını kullanabildiğini gösterir. Etkinlik 8'de 2. soruda iki cisme eşit miktarda ısı verildiğinde her ikisinin de sıcaklığının eşit miktarda artması, bu iki cismin ısı sığalarının eşitliği ile mümkündür. Bu soruya öğrencinin verdiği cevapta, öğrencinin ısı sığasının $m.c$ 'ye eşit olduğunu bildiği görülmektedir. Ancak öğrenci soruyu $Q=m.c.\Delta T$ ifadesini yorumlayarak sonuca ulaşmadığı için yanlış cevap vermiştir. Öğrenci, her maddenin özısının farklı olmasından dolayı bunların eşit olamayacağını ve kütlenin ortak özellik olmasından dolayı bunların eşit olacağını dikkate alınarak; ısı sığası $=m.c$ ifadesini yorumlayarak ısı sığalarının da farklı olacağı sonucuna ulaşmıştır. Öğrenci, mevcut çatısında yer alan Etkinlik 2 ve Etkinlik 7'deki kavram sınıflandırmasına gözlenebilen, “maddelerin ortak özelliklerinden birisi de kütledir” bilgisine dayanarak madde miktarlarının eşit

olması gerektiği yargısına ulaşmıştır. Mevcut çatıda bulunan bilgi, öğrencinin ısı sığalarının eşitliği sonucuna ulaşmasını engellemiştir.

Öğrencinin ısı ve sıcaklık kavramlarını tam olarak açıklayamadığı görülmektedir. Etkinlik 4'te *"Isı, bir enerjidir. Sıcaklık, ısı enerjisinin şiddetidir"* şeklinde yüzeysel açıklamalar getirilmiştir. Etkinlik 5'te öğrenci, ısı ve sıcaklığı moleküllerin enerjileri ile anlatmaya çalışmış ancak *"Toplam kinetik enerji, ısıyı verir"* *"Ortalama kinetik enerji, sıcaklığı verir"* ve *"Ortalama kinetik enerji, Celsius ile gösterilir. Bu sıcaklık birimidir"* şeklinde yanlış ifadeler kurmuştur. Öğrenci hal değişimlerinde maddeyi oluşturan moleküllerin enerjilerinin artmasına rağmen sıcaklığın değişmemesini göz ardı ederek *"Isı arttıkça sıcaklık da o derecede artacaktır. Isı, sıcaklıkla doğru orantılıdır"* ve *"Isıtılan her maddenin zamanla sıcaklığı değişir"* ifadelerini yazmıştır.

Etkinlik 5'teki kavram çarkında öğrenci, *"Alınan ısı, verilen ısıya eşittir"* cümlesi ile birlikte *"Isı alışverişi sırasında maddelerin sahip oldukları sıcaklıklar değişir"* cümlesini yazmıştır. Etkinlik 8'de 4. soruda, ısı ve sıcaklık karıştırılmış ve *"ısı değişimlerinin eşitliği"* yerine *"sıcaklık değişimlerinin eşitliği"* cevap olarak verilmiştir. Sıcaklık değişiminin eşitliği sonucunda da *"son sıcaklıkların eşit olduğu"* görüşüne varılmıştır. Öğrencinin, sıcaklıkları farklı iki maddenin temas ettirilmesi ile bu maddeler arasında sıcaklık farkını azaltacak şekilde ısının transfer edildiği ve bu ısı transferi sonucunda her iki maddenin de son sıcaklığının aynı olduğu görüşüne sahip olmadığı görülmektedir. Bunun yerine öğrencinin maddeler arasındaki sıcaklık değişimi ile son sıcaklıklarının eşit olacağı görüşüne sahip olduğu görülmektedir. Bunun nedeni olarak Etkinlik 5'te yazılan *"Isı alışverişi sırasında maddelerin sahip oldukları sıcaklıklar değişir"* ifadesinin, *"Alınan ısı, verilen ısıya eşittir"* ifadesine daha baskın gelerek ortaya çıkması gösterilebilir.

Etkinlik 8'de 5. soruda $+4^{\circ}\text{C}$ 'deki suyun 0°C 'ye doğru soğutulduğunda hacminin azalacağı, $d=m/V$ ifadesi gereğince özkütlesinin artacağı savunulmuştur. Etkinlik 8'de ifade edilen bu görüş, Etkinlik 3'te kurulan çatıya dayanmaktadır. Çünkü Etkinlik 3'teki 2. ve 5. sorularda hacmin değişebilmesi için sıcaklığın

değişmesinin gerektiği ifade edildiğinden su soğutulduğunda hacminin azalacağı ve $d=m/V$ ifadesinden de özkütlenin artacağı görüşüne ulaşılmıştır. Öğrencinin sahip olduğu çatının kendi sınırları içerisinde tutarlı bir biçimde işlediği görülmektedir.

Etkinlik 3 ve Etkinlik 8’de hacmin değişmesi için sıcaklığın artması yada azalması gerektiğine dair öğrencinin sahip olduğu görüşün, Etkinlik 10’da farklılaştığı görülmektedir. Etkinlik 8’de suyun $+4\text{ }^{\circ}\text{C}$ ’de en küçük hacme sahip olduğu görüşü dikkate alınmaz iken Etkinlik 10’da bu görüş ortaya çıkmıştır. Öğrenci, $+4\text{ }^{\circ}\text{C}$ ’de en küçük hacme sahip olduğundan dolayı, $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ’deki buz eritilip $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ’de su haline getirildiğinde hacminin azalması gerektiği, buna dayalı olarak da $d=m/V$ ifadesinden özkütlenin artacağını ifade edilmiştir. Öğrencinin açıklamış olduğu görüş kendi sınırları içinde doğru ve tutarlıdır. Öğrencinin hacim değişimi için sıcaklık değişiminin gerekli olduğu görüşünü içeren alternatif çatısı Etkinlik 10’daki çatının ortaya çıkmasına etki etmemiştir. Bu nedenle yeni çatı suyun $+4\text{ }^{\circ}\text{C}$ ’de en küçük hacminin en küçük değerde olmasından dolayı özgün bir biçimde ortaya çıkmıştır. Öğrencinin Etkinlik 8’de kurmuş olduğu su soğutulunca hacmi azalır ve özkütlesi artar görüşünü içeren alternatif çatısı, Etkinlik 10’da suyun $+4\text{ }^{\circ}\text{C}$ ’de en küçük hacimli olması özelliğini alacak biçimde yeniden yapılandırılmıştır.

Etkinlik 9’da 2. soruda öğrenci Dünya’daki gibi basınçlı bir ortamın sağlandığını göz ardı ederek Ay’da kaynamanın gerçekleşmediğini, çünkü yükseklerle çıkıldıkça kaynama noktasının düştüğünü ifade etmiştir. 2. sorunun diğer bir benzeri olan 6. soruda ise Dünya’dakine benzer bir ortamın Ay’da yaratılması durumunda, kaynamanın gerçekleşeceğini iddia etmiştir. Bu sorunun cevabı için öğrencinin su $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ ’de kaynar demesi beklenebilir. Ancak öğrenci bir önceki soruda savunduğu kaynama noktasının düştüğü görüşünü burada da kullanmıştır. Kaynama süresinin kaynama noktasından etkilendiğini düşünerek, kaynama süresinin 6’da 1 oranında azalacağını düşünmüştür. Yani öğrenci Ay’daki çekim ivmesinin kaynama süresine etki ettiğini iddia etmiştir.

Etkinlik 10’da 4d ve 5c şikkında $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ’de m gram buzun tamamı eriyerek $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ’de su haline geçerken Potansiyel Enerjilerindeki değişim için “*Moleküllerin sahip*

olduğu potansiyel enerji aynıdır” ifadesini benimsemiştir. Öğrenci, aynı etkinlikteki erime ve kaynama olayları gerçekleşir iken moleküllerin sahip olduğu potansiyel enerjileri birbirleri ile 2a ve 3c sorularında karşılaştırabilmiş ve kaynama sırasında moleküllerin sahip olduğu potansiyel enerjinin, erime sırasında moleküllerin sahip olduğu potansiyel enerjiye göre daha fazla olduğunu söyleyebilmiştir. Ancak erime olay için 0°C 'de m gram buzun tamamı eriyerek 0°C 'de su haline geçerken potansiyel enerjilerinin değişmediğini savunmuştur. Öğrenci görüşmesinde “erime sırasında alınan enerji neyi değiştirir?” sorusuna öğrenci, “*moleküller arası uzaklığı ve moleküller arası çekim kuvvetini*” cevabını vermiştir. Bu durum, öğrencinin moleküllerin sahip olduğu potansiyel enerjideki değişim ile moleküller arası uzaklığın değişimi ve moleküller arası çekim kuvvetinin zayıflatılması arasında ilişki kuramadığını göstermektedir. Ayrıca Etkinlik 10'da 3h sorusunda hal değişiminde moleküler yapının bozulduğu iddia edilmiştir.

Madde ve özellikleri ile ilgili kavram çarkındaki yerçekimi ivmesi kavramının, çarkta bulunan diğer kavramlar ile ilişkisi kurulamamıştır. Yerçekimi ivmesinin birimi olan Newton/kilogram biriminin ise ağırlık ile ilişkisi kurularak, “*Ağırlık, Newton/kilogram ile gösterilir*” şeklinde ifade yazılmıştır. Isı ve sıcaklık ile ilgili kavram çarkındaki kütle ve mutlak sıfır kavramlarının bu etkinlik içindeki diğer kavramlar ile ilişkisi kurulamamıştır. Mutlak sıfır kavramının hiçbir yerde tanımı yapılmamıştır. Ancak Etkinlik 7'de mutlak sıfır, termometre türleri sınıfına dahil edilmiştir. Bu kavram Celsius, Kelvin, Fahrenheit ve Reaumur gibi termometre çeşidi olarak algılanmıştır. Her ne kadar kütle kavramının bu çarkta diğer kavramlar ile ilişkisi kurulamaması, kütle kavramına öğrencinin sahip olmamasından değil bu kavramın çarktaki diğer kavramlar ile doğrudan ilişkisinin bulunmamasından kaynaklanmıştır. Isıtılan maddeye verilen enerji ile ilgili kavram çarkındaki tüm kavramlar arasında öğrencinin kendine göre anlam yüklediği ilişkileri yazdığı görülmektedir.

3. 1. 10. Öğrenci J'nin Etkinliklere Vermiş Olduğu Cevaplar

3. 1. 10. 1. Madde ve Özellikleri ile İlgili Kavram Çarkının Değerlendirilmesi (Etkinlik-1)

1-2: Kütle, eşit kollu terazi ile ölçülür.

1-13: Eşit kollu terazi, ağırlığı da ölçer.

2-3: Her maddenin ortak özelliği, kütle ve hacimdir. Ayrıca kütle ve hacim arasında şu ilişki vardır; $d=m/V$ ' dir.

2-4: Kütle ve yoğunluk $d=m/V$ ifadesindeki gibi ilişkilidir.

2-5: Kütle, cismin özağırlığıdır.

2-7: Kütlenin birimi, kilogramdır.

2-10: Kütle ve yerçekimi ivmesi aynı konuda yer alır.

2-13: Kütle, ağırlık ile ölçülür.

3-4: Cismin yoğunluğunu, hacmi yardımıyla buluruz.

3-9: m^3 , hacmin birimidir.

5-12: Özkütle, özağırlık ile ilişkilidir.

6-13: Kütle çekim kuvveti, ağırlıkla olur. Yani kütle çekim kuvveti, ağırlık ile ölçülür.

7-13: Ağırlığı, kilogram ile ölçeriz.

8-9: Newton ve metreküp, her ikisi de ölçü birimidir.

3. 1. 10. 2. Madde ve Özellikleri ile İlgili Kavram Sınıflandırması
(Etkinlik-2)

Madde

katı
sıvı
gaz

Kütle

katıların kütlesi
sıvıların kütlesi
gazların kütlesi

Hacim

katıların hacmi
sıvıların hacmi
gazların hacmi
geometrik olmayan
cisimlerin hacimleri
geometrik biçimli
cisimlerin hacimleri

Özkütle

katıların özkütlesi
sıvıların özkütlesi
gazların özkütlesi

Ağırlık

Newton
kütle çekim kuvveti
kütle çekim ivmesi

Maddenin Ortak Özellikleri

kütle
eylemsizlik
yoğunluk
hacim

Özkütleyi ve Özağırlığı Etkileyen Etmenler

basınç
sıcaklık

3. 1. 10. 3. Tablo 3. 37. Madde ve Özellikleri ile İlgili Sorulara ait Değerlendirme Tablosu (Etkinlik-3)

SIRA	KAVRAMLAR	İLGİLİ OLAN SORU	SORUNUN İÇERİĞİ	SORUYA VERİLEN DOĞRU CEVAP	SORUYA VERİLEN YANLIŞ CEVAP	AÇIKLAMALAR
1	Hacim Kavramı	1c	Hacim tanımı	+		
		1d	Hacim tanımı		+	
		3	Kürenin hacim ifadesi		+	Kürenin hacim ifadesi yanlış yazılmış.
		3	Özkütle formülünü kullanarak hacim kavramına ulaşma			Özkütle formülü kullanılmamış.
		9	Hacim değişimi		+	Ay'da hacim artar.
2	Kütle Kavramı	5	Hacmin sıcaklık ve basınç ile değişimi			Cevap verilmemiş.
		2	Hacmin sıcaklık ve basınç ile değişimi	+		
		9	Kütle değişimi		+	Ay'da kütle artar.
		1a	Kütle tanımı	+		
3	Ağırlık Kavramı	4	Ağırlık değişimi			Maddelerin yoğunluklarının farklı olması nedeniyle ağırlıkların farklı olacağı düşünülmüştür.
		6	Ağırlık değişimi	+		
		9	Ağırlık değişimi		+	Ay'da ağırlık artar.
		3	Özkütle formülü			Özkütle formülü kullanılmamış.
4	Özkütle Kavramı	2	Özkütlenin, hacim değişimi ile değişmesi	+		
		5	Özkütlenin, hacim değişimi ile değişmesi			Cevap verilmemiş.
		1b	Özkütle tanımı		+	
		6	Özkütle formülü		+	
5	Özgül Ağırlık Kavramı	2	Özgül Ağırlığın, yerçekimi ivmesinin değişmesi ile değişimi	+		
		2	Özgül Ağırlığın, özkütlenin değişimi ile değişmesi			Özgül Ağırlığın, özkütlenin değişiminden etkilendiği dikkate alınmamış.
6	Yerçekimi Kavramı	7	Yerçekimi tanımı	+		Cisimlere her zaman ve yerde etkir.
7	Eylemsizlik Kavramı	8	Eylemsizlik tanımı	+		Cisim hareket ettiren kuvvet ve durumunu korumak istemesidir.
		6	Yerçekimi ivmesinin değişimi			
8	Yerçekimi İvmesi Kavramı	9	Yerçekimi ivmesinin değişimi		+	Ay'da yerçekimi artar.
		2	Yerçekimi ivmesinin değişimi	+		
		4	Yerçekimi ivmesinin değişimine ait yorum			Yerçekimi ivmesinin değişimi dikkate alınmamış.

3. 1. 10. 4. Isı ve Sıcaklık ile İlgili Sorular (Etkinlik-4)

Isı ve sıcaklık nedir? Tanımlayınız.

Isı, enerji çeşididir.

Sıcaklık, ısı şiddetidir. İkisi de doğru orantılıdır. Isı verdikçe maddenin sıcaklığı artar. Isı ve sıcaklık aynı anlama gelir. Moleküllerin birbirine sürtünmesi ile açığa çıkan kinetik enerjiye dönüştürülmesine sıcaklık denir.

Isı ve sıcaklık, termometre ile ölçülür.

Termometre çeşitleri; Celsius, Kelvin, Reaumur ve Fahrenheit'tir.

3. 1. 10. 5. Isı ve Sıcaklık ile İlgili Kavram Çarkının Değerlendirilmesi (Etkinlik-5)

1-2: Isı, enerji ile ilişkilidir. Cismin enerjisi ısıya dönüşür ve ısı enerji birimidir.

1-5: Isı, toplam kinetik enerjidir.

1-7: Isıyı kalorimetre kabı ile ölçeriz.

3-4: Sıcaklık, kinetik enerjinin ölçüsüdür.

3-6: Termometre ile ölçülen sıcaklıktır.

4-5: Toplam kinetik enerji ile ortalama kinetik enerji aynıdır. Sadece yönleri farklıdır.

6-14: Termometre ile sıcaklık değişimi açık bir şekilde ölçülür.

10-11-12-13: Celsius, Kelvin, Reaumur ve Fahrenheit termometre çeşitleridir.

14-15: Sıcaklık değişimi, ısı alışverişi ile olur.

14-17: Sıcaklık değişimi, ısı transferi ile değiştirilir.

14-20: Sıcaklık değişimi, bulunduğu cismin kütlesi ile de ölçülür.

18-19: Alınan ısı, verilen ısıya göre doğru orantılıdır.

3. 1. 10. 6. Isıtılan Maddeye Verilen Enerji ile İlgili Kavram Çarkının Değerlendirilmesi

(Etkinlik-6)

1-2: Isıtılan maddeler için, madde cinsleri ile sıcaklık değişimleri değişebilir. A kabında su, B kabında ise zeytinyağı bulunabilir. Bunların kaynama süreleri 20 ve 10 dakika olabilir.

1-3: Aynı miktardaki ve aynı cins maddeleri ısıtan ısıtıcılar birbirinden farklı ise sıcaklık değişimi farklı olur.

1-4: Birinin madde miktarı 20ml olur, diğeri ise 10ml ise ikisi de farklı miktarlarda ısı alır.

2-5: Madde cinsine göre zaman değişir. Zeytinyağı 2 dakikada, su 10 dakikada ısınır. Yani her ikisinin aynı sıcaklığa gelmesi için geçen zaman farklıdır.

3-4: Madde miktarı aynı, yoğunlukları farklı maddeler ısıtılırsa sıcaklık değişimi farklı olur. Biri daha çabuk ısınır. Örneğin yağ gibi

3-5: Sıcaklık değişimi, zaman ile olur. Sıcaklığın ne kadar olduğunu zaman belirtir.

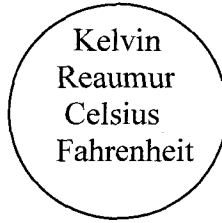
4-2: Madde miktarı aynı olabilir ama madde cinsi aynı olamaz. Örneğin su ve zeytinyağı gibi.

3. 1. 10. 7. Isı ve Sıcaklık ile İlgili Kavram Sınıflandırması
(Etkinlik-7)

Isı Çeşidi



Termometreler



Madde Cinsi



Sıcaklıklar



Hal Değişimi



3. 1. 10. 8. Tablo 3. 38. Isı ve Sıcaklık ile İlgili Sorular-1'e ait Değerlendirme Tablosu(Etkinlik-8)

SIRA	KAVRAMLAR	İLGİLİ OLAN SORU	SORUNUN İÇERİĞİ	SORUYA VERİLEN DOĞRU CEVAP	SORUYA VERİLEN YANLIŞ CEVAP	AÇIKLAMALAR
1	$Q=m.c.\Delta T$	1	$Q=m.c.\Delta T$ ifadesinin kullanımı	+		
		3	$Q=m.c.\Delta T$ ifadesinin kullanımı	+		
		2	$Q=m.c.\Delta T$ ifadesinin yorumu	+		Özısı ve ısı sırası aynıdır.
2	Özısı kavramı	2a	$Q=m.c.\Delta T$ ifadesinde özısı kavramını yorumlama	+		Eğer maddelerin kütleleri eşit ise özısıları aynıdır.
		3	$Q=m.c.\Delta T$ ifadesini kullanarak özısı kavramına ulaşma	+		
		2c	$Q=m.c.\Delta T$ ifadesini kullanarak ısı sırası kavramına ulaşma	+		
3	Isı sırası kavramı	3	$Q=m.c.\Delta T$ ifadesini kullanarak ısı sırası kavramına ulaşma	+		
		5	Öz-kütle kavramını yorumlama		+	
		4a	Isı değişimi kavramını yorumlama	+		
6	Sıcaklık değişimi kavramı	4b	Sıcaklık değişimi tanımı	+		
		4c	Son sıcaklık tanımı	+		
		2b	$Q=m.c.\Delta T$ ifadesinde kütle kavramını yorumlama	+		
8	Kütle kavramı					
9	Hacim kavramı	5	Sıcaklık kavramını kullanarak hacmi yorumlama		+	Su soğuyunca kütlesi arttığından öz-kütlesi artar.

3. 1. 10. 9. Tablo 3. 39. Isı ve Sıcaklık ile İlgili Sorular-2'ye ait Değerlendirme Tablosu (Etkinlik-9)

SIRA	KAVRAMLAR	İLGİLİ OLAN SORU	SORUNUN İÇERİĞİ	SORUYA VERİLEN DOĞRU CEVAP	SORUYA VERİLEN YANLIŞ CEVAP	AÇIKLAMALAR
1	Q=m.c.ΔT	1	Q=m.c.ΔT ifadesinin kullanımı		+	
		3	Q=m.c.ΔT ifadesinin kullanımı		+	
		5	Q=m.c.ΔT ifadesinin kullanımı		+	
2		6	Q=m.c.ΔT ifadesinin yorumu			Yorum yapılmamış.
3	Ağırlık kavramı	3	Ağırlık formülünün kullanımı		+	
		6	Ağırlık değişimi	+		
		1	Özkütle formülünün kullanımı			Özkütle formülü kullanılmamış.
		5	Özkütle formülünün kullanımı			Özkütle formülü kullanılmamış.
4	Hacim kavramı	4	Özkütle kavramının yorumu			Yorum yapılmamış.
		5	Kürenin hacim ifadesi		+	
		4b	Özkütle formülünü kullanarak hacim kavramına ulaşma		+	Moleküller kaybolmuştur.
5	Kütle kavramı	4c	Gazların hacmini hatırlama	+		Su buharlaşmıştır.
		1	Özkütle formülünü kullanarak kütle kavramına ulaşma			Özkütle formülü kullanılmamış.
		3	Ağırlık formülünü kullanarak kütle kavramına ulaşma		+	Ağırlık değerinden yereckimi ivmesi çıkartılmış.
		5	Özkütle formülünü kullanarak kütle kavramına ulaşma		+	
6	Kaynama	4a	Kaynama sonucunda buharlaşma olayını hatırlama		+	Su molekülleri enerjisini kaybettiği için yarıya iner.
		2	Basınç ile kaynamanın gerçekleşmesini hatırlama		+	Ay'da yereckimi olmadığından kaynamaz.
		6	Basınç ile kaynamanın gerçekleşmesini hatırlama		+	Yereckimi ivmesinin zamana etki ettiğı (30/6dk) düşünölmüş.

3. 1. 10. 10. Tablo 3. 40. Isı ve Sıcaklık ile İlgili Sorular-3'e ait Değerlendirme Tablosu (Etkinlik-10)

SIRA	KAVRAMLAR	İLGİLİ OLAN SORU	SORUNUN İÇERİĞİ	SORUYA VERİLEN DOĞRU CEVAP	SORUYA VERİLEN YANLIŞ CEVAP	AÇIKLAMALAR
1	Moleküller Arası Çekim Kuvveti kavramı (M.A.Ç.K.)	1a	M.A.Ç.K. tanımı	+		
		1b	M.A.Ç.K. tanımı	+		
		1c	M.A.Ç.K. tanımı	+		
		1d	M.A.Ç.K. tanımı		+	
		2c	M.A.Ç.K. tanımı		+	Katı halden gaz hale geçer.
		3a	M.A.Ç.K. ile Potansiyel Enerji arasındaki ilişki		+	
2	Potansiyel Enerji kavramı	4b	M.A.Ç.K. tanımı		+	
		2a	Potansiyel Enerji tanımı		+	Katı halden sıvı hale geçer.
		3c	Potansiyel Enerji tanımı	+		
		4d	Potansiyel Enerji tanımı		+	
3	Düzensizlik kavramı	5c	Potansiyel Enerji tanımı		+	0 °C'deki buz 0 °C'de su haline gelirken Potansiyel Enerji değişmez.
		2b	Düzensizliğin tanımı		+	Sıvı halden gaz hale geçer.
		3d	Düzensizliğin tanımı	+		
4	Kinetik Enerji kavramı	3i	Düzensizliğin tanımı		+	
		3b	Kinetik Enerji tanımı	+		
		6a	Kinetik Enerji tanımı	+		
		6b	Kinetik Enerji tanımı	+		
5	Hacim kavramı	3e	Hacim tanımı	+		
		4a	Hacim tanımı		+	
		5b	Hacim tanımı		+	0 °C'deki buz 0 °C'de su haline gelirken hacmi değişmez.
		3f	Kütle tanımı	+		
6	Kütle kavramı	4f	Kütle tanımı	+		
		3g	Özkütle tanımı	+		
7	Özkütle kavramı	5a	Özkütle tanımı		+	0 °C'deki buz 0 °C'de su haline gelirken özkütlesi değişmez.
8	Moleküller yapı kavramı	3h	Moleküller yapı tanımı		+	
9	Molekül sayısı kavramı	4c	Molekül sayısı tanımı		+	
10	Isı sıfası kavramı	4e	Isı Sıfası tanımı		+	
11	Ortalama Kinetik Enerji kavramı	6d	Ortalama Kinetik Enerji tanımı		+	
12	Toplam Kinetik Enerji kavramı	6c	Toplam Kinetik Enerji tanımı	+		

3. 1. 10. 11. Öğrenci J'ye ait Etkinliklerin Değerlendirmesi:

Etkinlik 1'deki kavram çarkında öğrencinin yazmış olduğu cümlelere bakılarak; *“Kütle, eşit kollu terazi ile ölçülür”*, *“Eşit kollu terazi, ağırlığı da ölçer”*, *“Kütle, ağırlık ile ölçülür”*, *“Kütle, cismin öz ağırlığıdır”*, *“Ağırlığı, kilogram ile ölçeriz”* ifadelerinden “kütle ve ağırlık” kavramının birbirine karıştırıldığı söylenebilir. Öğrencinin eşit kollu terazinin hem kütleyle hem de ağırlığı ölçtüğüne dair sahip olduğu görüş, bu kavramlar arasındaki farkın tam olarak görülemediğine işaret eder.

Genel olarak verilen cevaplara bakıldığında, ağırlık kavramı ve ağırlığın değişebileceği durumların öğrenci tarafından öğrenilmediği görülmektedir. Bir cismin kütleini değiştirmeden ağırlığın değişiminin sorulduğu Etkinlik 3'te 4. sorusuna öğrenci *“Maddelerin yoğunluklarının farklı olmasından dolayı ağırlıkların da farklı olacağı”* cevabını vermiştir. Etkinlik 9'a gelindiğinde öğrencinin 3. soruda ağırlık değerini yerçekimi ivmesi değerine bölerek kütle değerine ulaşması gerekir iken öğrenci ağırlık değerinden yerçekimi ivmesi değerini çıkartarak kütle değerine ulaşmıştır. Bunun nedeni, Etkinlik 1'den başlayan süreç içerisinde öğrencinin ağırlık ile yerçekimi ivmesi arasında $G=m.g$ ve “Ağırlık, kütle ile yerçekimi ivmesinin çarpımı ile bulunur” şeklinde hiçbir tanımlı yapamaması gösterilebilir. Bu durum geçen süreç içerisinde ağırlık kavramının öğrenci tarafından öğrenilmediğini göstermektedir.

Yerçekimi kavramını öğrencinin çok sağlam bir şekilde öğrenmediği gözlenmektedir. Etkinlik 3'teki 9. soruda Ay'daki yerçekimi ivmesinin Dünya'dakine göre 6 kat arttığı görüşü benimsenmiştir. Bununla birlikte genelleme yapılarak Ay'da ağırlıkla beraber kütle ve hacmin de arttığı kabul edilmiştir. Etkinlik 9'daki 2. soruda sıvı buhar basıncı ve dış basıncın eşit olduğunda kaynamanın meydana geldiğine dayalı tanım hatırlanamayıp, kaynamanın yerçekimi kavramı ile ilişkisi kurulmuştur. Öğrenci görüşmesinde, Ay'da suyun neden kaynamayacağı sorulduğunda *“Dünyadaki gibi basınçlı bir ortam hazırlansa dahi Ay'da yerçekimi*

olmadığı için su kaynayamaz” cevabı alınmıştır. Yani öğrenci Ay’daki çekim ivmesinin olmadığını düşünmektedir. Aynı etkinlikteki 6. soruda ise Ay’da çekim ivmesinin var olduğu ve zaman gibi soyut bir kavrama etki ettiği düşünülerek kaynama süresinin 30/6 dakika olduğu iddia edilmiştir. Bu soru içerisinde Ay’daki çekim ivmesinin Dünya’dakine göre 6 kat zayıfladığı savunulmuştur. Bu ifadeler, Ay’daki çekim ivmesinin Dünya’daki değer ile kıyaslanmasında problemler olduğunu göstermektedir.

Etkinlik 1’deki kavram çarkında “Özkütle, özağırlık ile ilişkilidir” ifadesi yazılmıştır. Öğrenci görüşmesinde, öğrenciden bu ilişkiyi açıklaması istenildiğinde cevap alınamamıştır. Bu ifadede belirtilen özkütle ile özağırlık arasındaki ilişki, basit düzeyde açıklandığından ve özağırlığı etkileyen etmenlerin öğrenci tarafından bilinmemesinden dolayı; Etkinlik 3’teki 2. soruda bu iki kavram arasında nasıl bir değişim olduğu ifade edilmemiştir. Öğrenci kavram kazanım seviyelerinden kavramlar arasındaki ilişkileri sözel olarak ifade etmeye göre daha üst seviye olan $\delta = \rho \cdot g$ veya $\delta = G/V$ denklemsel ifadelerine dayalı açıklamalar getiremediğinden Etkinlik 3’teki 6. soruyu da cevaplandıramamıştır.

Öğrenci, Etkinlik 3’teki 1. soruda uzayda kapladıkları yer ve şekilleri aynı olan A ve B bloklarının hacimleri eşit ve kütleleri eşit değil iken, özkütleleri eşittir yargısına ulaşmıştır. Etkinlik 1’deki kavram çarkı incelendiğinde “*Her maddenin ortak özelliği kütle ve hacimdir. Ayrıca kütle ve hacim arasında şu ilişki vardır; $d=m/V$ ’ dir*” ifadesinden öğrencinin özkütle formülüne sahip olduğu görülmektedir. Ancak öğrencinin, eşit kabul ettiği değerleri özkütle formülünde yerine koyarak sonucu yorumlayamadığı görülmektedir. Etkinlik 8’deki 5. soruda, X katı cismini içeren +4 °C’deki suyun 0 °C’ye doğru soğutulduğunda öğrenci, X katı cisminin kabın tabanına battığını iddia etmiştir. Yapılan öğrenci görüşmesinde bu görüşe nasıl ulaştığı sorulduğunda öğrenci, “*Su soğuyunca cismin kütlesi artacağından cisim tabana batar. Cismin yoğunluğu artacağına tam tersi azalır*” cevabını vermiştir. Öğrencinin vermiş olduğu bu cevapta özkütle formülü suyun +4 °C’deki hacminin en küçük değerde olduğu dikkate alınarak yorumlanmamıştır. Öğrencinin vermiş olduğu

cevabı kendi sınırları içerisinde değerlendirelim. Eğer öğrenci cismin kütlesinin artacağını iddia ediyorsa $d=m/V$ ifadesi gereğince cismin yoğunluğunun artması gerekirdi. Ancak öğrenci bunun aksine cismin yoğunluğunun azaldığını söylemiştir. Bu durum, özkütle ifadesinin öğrenci tarafından öğrenilmediğini ve bunun mantıklı olarak yorum yapmada kullanılmadığını gösterir. Yani öğrencinin yapmış olduğu açıklama hiçbir mantıklı temele sahip değildir. Etkinlik 9'a gelindiğinde de özkütle formülünün kullanılarak hiçbir sorunun çözülmediği görülmektedir. Etkinlik 10'a gelindiğinde ise öğrencinin $d=m/V$ ifadesini yorumlayabildiği görülmektedir. Etkinlik 10'daki 4. ve 5. sorulara verilen cevaplar incelendiğinde 0°C 'de m gram buzun tamamı eriyerek 0°C 'de su haline geçerken kütlesinin ve hacminin değişmeyeceği iddia edilerek $d=m/V$ ifadesi gereğince özkütlesinin de sabit kaldığı savunulmuştur. Öğrencinin savunduğu bu görüş her ne kadar yanlış olsa da kendi mantık temelleri içerisinde tutarlıdır.

Etkinlik 3'teki 3. soruda kürenin hacim ifadesi yanlış yazılmış ve özkütle formülü kullanılarak kütle kavramı yardımıyla hacim değerine ulaşılamamıştır. Etkinlik 9'a gelindiğinde ise kürenin hacim ifadesinin de yazılamadığı görülmektedir. Bu durum, kürenin hacim ifadesi gibi matematiksel ifadelerin etkin bir biçimde soru içerisinde kullanılmadığı sürece unutulacağını göstermektedir.

Etkinlik 4'teki öğrencinin "ısı ve sıcaklık" kavramları için kullanmış olduğu ifadeler incelendiğinde; çeşitli yanlış algılamalara sahip olduğu görülmektedir. "Isı ve sıcaklık aynı anlama gelir" ve "Isı, sıcaklıkla doğru orantılıdır. Isı verdikçe maddenin sıcaklığı artar. Moleküllerin birbirine sürtünmesi ile açığa çıkan kinetik enerjiye dönüştürülmesine sıcaklık denir" ifadeleri kullanılmıştır. Bu cümlelerden öğrencinin ısı ve sıcaklık kavramlarını aynı algıladığını göstermektedir. Etkinlik 5'te de bu görüş sürdürülmüştür. "Isı, enerji ile ilişkilidir. Cismin enerjisi ısıya dönüşür ve ısı enerji birimidir", "Isı, toplam kinetik enerjidir" ve "Toplam kinetik enerji ile ortalama kinetik enerji aynıdır. Sadece yönleri farklıdır" ifadelerinde de ısı ve sıcaklığın aynı anlama geldiği görüşünün devam ettirildiğini göstermektedir. Etkinlik 7'de ise ısı alış verişi ve sıcaklık ısı çeşidi sınıfına dahil edilmiştir. İlk başta ısı ve

sıcaklığın termometre ile ölçüldüğü görüşü ortaya atılmış iken daha sonradan “Isıyı kalorimetre kabı ile ölçeriz” ve “Termometre ile ölçülen sıcaklıktır” ifadeleri ile ısı ve sıcaklığın farklı ölçme araçları ile ölçüldüğü ifade edilmiştir.

“Sıcaklık değişimi, ısı alışverişi ile olur” ve “Sıcaklık değişimi, ısı transferi ile değiştirilir” ifadelerinin öğrenci görüşmesinde açıklanması istenildiğinde, öğrencinin sıcaklık farkından dolayı bu sıcaklık farkını azaltacak yönde ısı transferinin gerçekleştiğinin yerine, ısı alış veriş sonucunda sıcaklığın değiştiği görüşüne sahip olduğu görülmektedir. Bu görüş çerçevesinde, öğrenci Etkinlik 7’de “alınan ısı, verilen ısı, ısı transferi ve sıcaklık değişimi” kavramlarını sıcaklık sınıfına dahil etmiştir. Öğrenci ayrıca “Alınan ısı, verilen ısıya göre doğru orantılıdır” ifadesi ile alınan ısıнын verilen ısıya eşit olduğunu ifade etmiştir. Sahip olduğu bu bilgiler doğrultusunda Etkinlik 8’deki sıcaklıkları farklı, cinsleri aynı $2m$ ve m kütleli iki cismin temas ettirilmesi durumunda sıcaklık değişimlerinin eşit olmadığı ancak ısı değişimlerinin ve son sıcaklıklarının eşit olduğu cevabına ulaştığı görülmektedir. Öğrencinin ısı ve sıcaklık arasında yapmış olduğu karıştırma burada ortadan kalmış ve doğru öğrenme ortaya çıkmıştır.

Etkinlik 6’daki kavram çarkında, “özısı” ile “yoğunluk” kavramlarının karıştırıldığı görülmektedir. “Madde miktarı aynı, yoğunlukları farklı maddeler ısıtılırsa sıcaklık değişimi farklı olur. Biri daha çabuk ısınır. Örneğin yağ gibi” cümlesi bunu göstermektedir. Yine aynı etkinlikte madde cinsi ile madde miktarı arasında yazılan “Madde miktarı aynı olabilir ama madde cinsi aynı olamaz. Örneğin su ve zeytinyağı gibi” ilişkisi özkütle kavramını öğrencinin yorumlayabildiğini göstermektedir.

Etkinlik 8’de 2. soruda öğrencinin vermiş olduğu cevap yanlış gibi görünse de öğrenci görüşmesinde getirdiği açıklama onun özısı ve ısı sığası kavramlarını öğrendiğini gösterir. Bu soru için öğrenci şu açıklamayı yapmıştır: “Özısı ve ısı sığası aynıdır. Çünkü bunların kütleleri aynı olmayabilir. Kütle hakkında bir şey verilmemiş. Eğer kütleleri farklı ise ısı sığaları aynıdır. Ancak kütleleri aynı ise

özisıları aynıdır". Bu bağlamda aynı etkinlikteki 4. soru da doğru cevaplanmıştır. Etkinlik 10'daki 4e şıkkında m gram buz ve m gram suyun özisılarının aynı olduğu düşünülerek, ısı sığalarının aynı olduğu savunulmuştur. Öğrenci görüşmesinde neden buz ve suyun özisılarının aynı olduğu sorulduğunda öğrencinin, su ve buzun aynı madde olduğundan dolayı özisılarının aynı olması gerektiği yargısına sahip olduğu görülür. Öğrencinin vermiş olduğu bu cevap mevcut alternatif çatısı ile uyum içindedir. Yani öğrencinin mevcut çatısı düzgün bir biçimde işlemektedir. Şöyle ki; öğrenci, 0°C 'de m gram su ile 0°C 'de m gram buzun kütleleri ve hacimlerinin eşitliğinden bunların özkütlelerinin eşit olduğu yargısına ulaşmıştır. Özısı ve özkütlenin karıştırılmasından dolayı da bunların özisılarının aynı olacağı yargısına ulaşmıştır.

Öğrencinin Etkinlik 8'de $Q=m.c.\Delta T$ ifadesini problem çözümlerinde kullandığı ve bu ifade üzerinde yorumlar yapabildiği görülmektedir. Ancak öğrencinin, Etkinlik 9'da $Q=m.c.\Delta T$ ifadesini yanlış kullandığı ve bu ifadeyi kullanarak problemlerin çözümlerine ulaşamadığı görülmektedir. Etkinlik 9'da, bu formülün kullanarak çözülmesi gereken problemler genel olarak, diğer etkinliklerdeki problemlere göre daha üst seviyelerde kavramlar arasında ilişkiler kurmayı gerektirir. Bu etkinlikteki problemlerin çözülebilmesi için hem madde ve özellikleri konusundaki kavramların çok iyi bilinmesi hem de ısı ve sıcaklık konusunun çok iyi öğrenilmesi gerekmektedir. Bu sebeple öğrenci böyle karmaşık problemler ile karşılaştığında kendisini çözüme götürecek yollar üretememiştir. Öğrenci kendisini doğrudan sorunun çözümüne götürecek basit düzeydeki çözüm yollarını tanımlayabilmiştir.

Genel olarak verilen cevaplardan öğrencinin kaynama olayını anlamadığı söylenebilir. Etkinlik 9'daki 2. soruda sıvı buhar basıncı ve dış basıncın eşit olunca kaynamanın meydana geldiğine dayalı tanım hatırlanamayıp, kaynamanın yerçekimi kavramı ile ilişkisi kurulmuştur. Buharlaşıma olayının hatırlanıp hatırlanmadığını ortaya çıkartmayı amaçlayan Etkinlik 9'daki 4. soruda kaynama sonunda buharlaşma ve hacim kavramları için öğrencinin vermiş olduğu "*Moleküller kaybolmuştur*" ve "*Su molekülleri enerjisini kaybettiği için yarıya iner*" cevapları oldukça ilginçtir.

Etkinlik 10'daki 3h sorusunda ısı alan su moleküllerinin kimyasal yapısının bozulduğu ve 4c sorusunda ise 0°C 'de m gram su ile 0°C 'de m gram buzun molekül sayılarının farklı olduğu iddia edilmiştir. Buz ve suyun kütleleri ile hacimlerinin aynı olduğunun ancak molekül sayılarının ve moleküllerin kimyasal yapılarının farklı olduğunun düşünülmesi mevcut çatıda bir tutarsızlığın olduğuna işaret eder.

Etkinlik 10'daki 2. soruya mantıklı cevaplar verilememiştir. Dolayısıyla, 5c ve 4d sorularında 0°C 'de m gram su ile 0°C 'de m gram buzun potansiyel enerjilerinin aynı olduğu iddia edilmiştir. 1. soruda ise moleküller arası çekim kuvveti ile uçuculuk arasında ilişki kurulamamıştır. 3e sorusunda açık sistemde ısıtılan suyun hacminin arttığı söylenmesine rağmen 3i sorusunda maddeyi oluşturan moleküllerin çeşitli fazlarındaki moleküller arası uzaklığının aynı olduğu iddia edilmiştir. Bu durum, bir maddeye ısı verildiği zaman bu maddeyi oluşturan moleküllerin konumlarının ve bu moleküller arasındaki bağların sahip oldukları enerjilerin nasıl olduğu öğrenci tarafından sağlam temeller içinde öğrenilmediğini gösterir. Öğrenci, kavram kazanım seviyelerinin en üst seviyesi olan moleküler boyutta açıklamalar getirmede yetersiz kalmıştır.

Madde ve özellikleri ile ilgili kavram çarkındaki Newton/kilogram birimini hiçbir kavram ile ilişkilendirememiştir. Bu birimin yerçekimi ivmesine ait olduğu belirtilmemiştir. Öğrencinin aynı etkinlikteki yerçekimi için "*Kütle ve yerçekimi aynı konuda yer alır*" cümlesini yazdığı görülmektedir. Isı ve sıcaklık ile ilgili kavram çarkındaki joule, kalori ve mutlak sıfır kavramlarının bu etkinlik içindeki diğer kavramlar ile ilişkisi kurulamamıştır. Etkinlik 7'de joule ve kalori ısı çeşidi sınıfına dahil edilmiştir. Bu kavramlar ısı birimi değil de ısı çeşidi olarak algılanmıştır. Mutlak sıfır kavramının ise hiçbir yerde tanımı yapılmamıştır. Isıtılan maddeye verilen enerji ile ilgili kavram çarkındaki tüm kavramlar arasında öğrencinin kendine göre anlam yüklediği ilişkileri yazdığı görülmektedir.

3. 1. 11. Öğrenci K'nın Etkinliklere Vermiş Olduğu Cevaplar

3. 1. 11. 1. Madde ve Özellikleri ile İlgili Kavram Çarkının Değerlendirilmesi (Etkinlik-1)

1-2: Kütle, eşit kollu terazi ile ölçülür.

1-7: Eşit kollu terazi ile ölçüm yapıldığında birim, kg olarak çıkabilir.

2-3: Kütle ile hacim arasındaki ilişki $\text{kütle/hacim} = d$ şeklindedir.

2-4: Kütle ile yoğunluk arasındaki ilişki $\text{kütle/hacim} = \text{yoğunluk}$ olduğundan vardır.

2-7: Kilogram, kütlenin birimidir.

2-12: Kütle ile özkütle arasındaki ilişki $\text{kütle/hacim} = d$ şeklindedir.

3-4: Hacim ile yoğunluk arasındaki ilişki $\text{kütle/hacim} = \text{yoğunluk}$ olduğundan vardır.

3-5: $\text{Ağırlık/hacim} = \text{özağırlık}$ 'tır.

3-9: Metreküp, hacmin birimidir.

3-12: Hacim ile özkütle arasındaki ilişki $\text{kütle/hacim} = d$ şeklindedir.

3-13: $\text{Özağırlık} = \text{ağırlık/hacim}$ ile bulunur.

4-5: Özkütle ve yoğunluk aynı şeylerdir.

5-13: $\text{Özağırlık} = \text{ağırlık/hacim}$ 'dir.

6-10: Ağırlığın kutuplarda en büyük olmasının nedeni, yerçekimi ivmesinin hafifletici etkisinin ortadan kalkmasıdır.

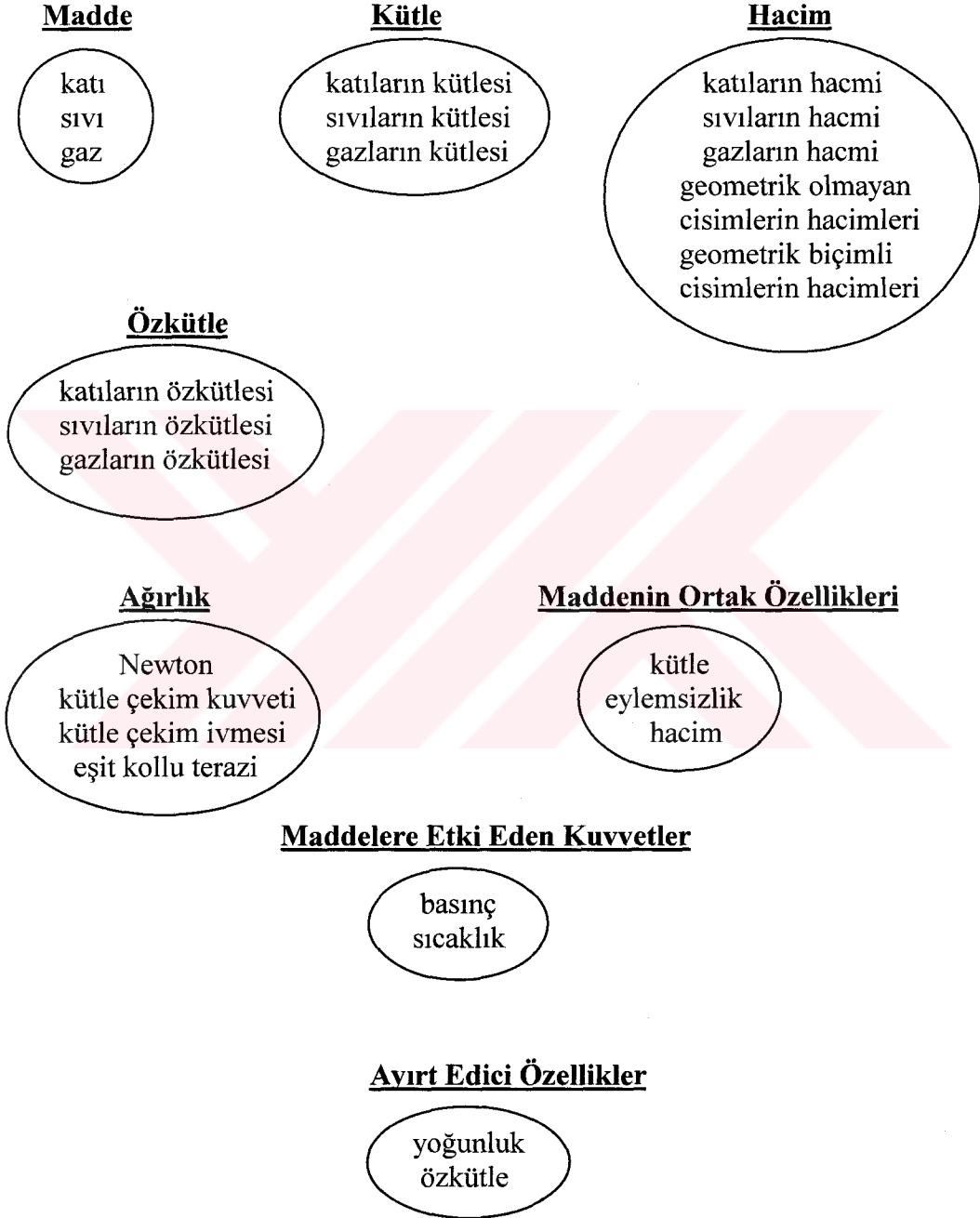
6-11: Yerçekimi ivmesinin birimi, Newton/kg 'dır.

6-13: Kütle çekim kuvveti, ağırlıkla ilişkilidir.

8-13: Newton, ağırlık birimidir.

10-11: Kütle çekim ivmesinin birimi, Newton/kilogram 'dır.

3. 1. 11. 2. Madde ve Özellikleri ile İlgili Kavram Sınıflandırması
(Etkinlik-2)



3. 1. 11. 3. Tablo 3. 41. Madde ve Özellikleri ile İlgili Sorulara ait Değerlendirme Tablosu (Etkinlik-3)

SIRA	KAVRAMLAR	İLGİLİ OLAN SORU	SORUNUN İÇERİĞİ	SORUYA VERİLEN DOĞRU CEVAP	SORUYA VERİLEN YANLIŞ CEVAP	AÇIKLAMALAR
1	Hacim Kavramı	1c	Hacim tanımı	+		
		1d	Hacim tanımı	+		
		3	Kürenin hacim ifadesi	+		
		3	Özkütle formülünü kullanarak hacim kavramına ulaşma		+	
		9	Hacim değişimi		+	Ay'da hacim azalır.
2	Kütle Kavramı	5	Hacmin sıcaklık ve basınç ile değişimi			Dikkate alınmamış.
		2	Hacmin sıcaklık ve basınç ile değişimi		+	Hacim sıcaklık ve yoğunluk ile değişir.
		9	Kütle değişimi		+	Ay'da kütle azalır.
		1a	Kütle tanımı		+	
		4	Ağırlık değişimi	+		
3	Ağırlık Kavramı	6	Ağırlık değişimi	+		
		9	Ağırlık değişimi	+		
		3	Özkütle formülü		+	
		2	Özkütlenin, hacim değişimi ile değişmesi	+		
		5	Özkütlenin, hacim değişimi ile değişmesi	+		
4	Özkütle Kavramı	1b	Özkütle tanımı		+	
		6	Özağırlık formülü	+		
		2	Özağırlığın, yerçekimi ivmesinin değişmesi ile değişimi	+		
		2	Özağırlığın, özkütlenin değişimi ile değişmesi		+	
		7	Yerçekimi tanımı	+		
5	Özağırlık Kavramı	8	Eylemsizlik tanımı	+		
		6	Yerçekimi ivmesinin değişimi	+		
		9	Yerçekimi ivmesinin değişimi	+		
		2	Yerçekimi ivmesinin değişimi	+		
		4	Yerçekimi ivmesinin değişimine ait yorum	+		
6	Yerçekimi Kavramı					
7	Eylemsizlik Kavramı					
8	Yerçekimi İvmesi Kavramı					

3. 1. 11. 4. Isı ve Sıcaklık ile İlgili Sorular (Etkinlik-4)

Isı ve sıcaklık nedir? Tanımlayınız.

Isı, bir enerji çeşididir.

Isı molekülleri arttıkça sıcaklık ta artar.

Isınma sonucunda sıcaklık açığa çıkar.

Sıcaklık, ısı ile doğru orantılıdır. Bir cismin sıcaklığı diğer cisme göre yüksek ise; ısı da yüksektir.



3. 1. 11. 5. Isı ve Sıcaklık ile İlgili Kavram Çarkının Değerlendirilmesi (Etkinlik-5)

- 1-2: Isı, bir enerji birimidir.
- 1-4: Ortalama kinetik enerji, ısıyı verir.
- 1-7: Isı, kalorimetre kabı ile ölçülür.
- 1-8: Isı birimi, joul'dür.
- 1-9: Isı birimi, kalori'dir.
- 1-15: İki farklı ısı sonucu ısı alışverişi ortaya çıkar.
- 1-17: Isıların aktarılmasıdır.
- 1-18: İki farklı ısı sonucu alınan ısı ortaya çıkar.
- 1-19: İki farklı ısı sonucu verilen ısı ortaya çıkar.
- 2-4: İki farklı enerji sonucu ortalama kinetik enerji açığa çıkar.
- 2-5: İki enerjinin toplamına, toplam kinetik enerji denir.
- 2-8: Isı, bir enerjidir. Joule ise ısıнын birimidir.
- 3-5: Toplam kinetik enerji, sıcaklığı gösterir.
- 3-6: Sıcaklık, termometre ile ölçülür.
- 3-10: Sıcaklık, termometre ile ölçülür. Celsius ise bir termometredir.
- 3-11: Sıcaklık, termometre ile ölçülür. Kelvin ise bir termometredir.
- 3-12: Sıcaklık, termometre ile ölçülür. Reaumur ise bir termometredir.
- 3-13: Sıcaklık, termometre ile ölçülür. Fahrenheit ise bir termometredir.
- 3-14: İki farklı sıcaklık sonucu sıcaklık değişimi ortaya çıkar.
- 3-18: Sıcaklık farkını ortadan kaldırmak için sıcaklık değiştiğinde madde ısı alır.
- 3-19: Sıcaklık farkını ortadan kaldırmak için sıcaklık değiştiğinde madde ısı verir.
- 6-10: Celsius, bir termometre çeşididir.
- 6-11: Kelvin, bir termometre çeşididir.
- 6-12: Reaumur, bir termometre çeşididir.
- 6-13: Fahrenheit, bir termometre çeşididir.

7-8: Kalorimetre kabı ile ölçüm yapıldığında birimi joule'dür.

7-9: Kalorimetre kabı ile ölçüm yapıldığında birimi kaloridir.

8-9: Joule ve kalori ısı birimleridir.

10-11-12-13: Celsius, Kelvin, Reaumur ve Fahrenheit termometredir.

11-16: Kelvin, mutlak sıfırdır.

18-19: Alınan ısı, verilen ısıya eşittir.



3. 1. 11. 6. Isıtılan Maddeye Verilen Enerji ile İlgili Kavram Çarkının Değerlendirilmesi

(Etkinlik-6)

1-2: Farklı cins maddelere, aynı miktar ısı verilse bile farklı sıcaklıklar ortaya çıkar.

1-3: Maddeye verilen ısı miktarı arttıkça maddenin sıcaklık değişimi de farklı olur.

1-4: Isı değişimi, madde miktarına bağlıdır.

1-5: Zamana bağlı olarak maddelerin ısısı artar.

2-3: Madde cinsine göre, sıcaklık fazla veya az değişiklik gösterir.

2-5: Maddelerin yoğunluğuna göre aynı dereceye gelmeleri farklı zaman dilimleri içinde olur.

3-4: Madde miktarı az olursa aynı zaman dilimi içerisinde sıcaklık değişimi çok olur. Madde miktarı çok olursa sıcaklık değişimi az olur.

3-5: Zaman az olursa sıcaklık değişimi az olur. Zaman fazla olursa sıcaklık fazla olur.

3. 1. 11. 7. Isı ve Sıcaklık ile İlgili Kavram Sınıflandırması
(Etkinlik-7)

Kütle

Özkütle

Isı

toplam kinetik enerji

Enerji

ortalama kinetik enerji
toplam kinetik enerji

Ölçü Birimleri

celsius
kelvin
reaumur
fahrenheit
kalori
joule

Sıcaklık

basınç
hal değişimi
ortalama kinetik enerji
sıcaklık değişimi

Termometre

kelvin
celsius
fahrenheit
reaumur

Kelvin

mutlak sıfır

Isı

hal değişimi
alınan ısı
verilen ısı
ısı alışverişi

Kalorimetre Kabı

joule
kalori

3. 1. 11. 8. Tablo 3. 42. Isı ve Sıcaklık ile İlgili Sorular-1'e ait Değerlendirme Tablosu (Etkinlik-8)

SIRA	KAVRAMLAR	İLGİLİ OLAN SORU	SORUNUN İÇERİĞİ	SORUYA VERİLEN DOĞRU CEVAP	SORUYA VERİLEN YANLIŞ CEVAP	AÇIKLAMALAR
1	Q=m.c.ΔT	1	Q=m.c.ΔT ifadesinin kullanımı	+		
		3	Q=m.c.ΔT ifadesinin kullanımı	+		
		2	Q=m.c.ΔT ifadesinin yorumu	+		
2	Özısı kavramı	2a	Q=m.c.ΔT ifadesinde özısı kavramını yorumlama	+		
		3	Q=m.c.ΔT ifadesini kullanarak özısı kavramına ulaşma	+		
		2c	Q=m.c.ΔT ifadesini kullanarak ısı sıgası kavramına ulaşma	+		
3	Isı sıgası kavramı	3	Q=m.c.ΔT ifadesini kullanarak ısı sıgası kavramına ulaşma	+		
		5	Özkütle kavramını yorumlama		+	
		4a	Isı değişimi kavramını yorumlama	+		
6	Sıcaklık değişimi kavramı	4b	Sıcaklık değişimi kavramını tanımlama	+		
		4c	Son sıcaklık kavramını tanımlama	+		
8	Kütle kavramı	2b	Q=m.c.ΔT ifadesinde kütle kavramını yorumlama	+		
9	Hacim kavramı	5	Sıcaklık kavramını kullanarak hacmi yorumlama		+	Su soğuyunca yoğunluğu artar.

3. 1. 11. 9. Tablo 3. 43. Isı ve Sıcaklık ile İlgili Sorular-2'ye ait Değerlendirme Tablosu (Etkinlik-9)

SIRA	KAVRAMLAR	İLGİLİ OLAN SORU	SORUNUN İÇERİĞİ	SORUYA VERİLEN DOĞRU CEVAP	SORUYA VERİLEN YANLIŞ CEVAP	AÇIKLAMALAR
1	Q=m.c.ΔT	1	Q=m.c.ΔT ifadesinin kullanımı	+		
		3	Q=m.c.ΔT ifadesinin kullanımı	+		
		5	Q=m.c.ΔT ifadesinin kullanımı	+		
2	Ağırlık kavramı	6	Q=m.c.ΔT ifadesinin yorumu	+		
		3	Ağırlık formülünün kullanımı	+		
		6	Ağırlık değişimi	+		Yorum yapılmamış.
3	Özkütle kavramı	1	Özkütle formülünün kullanımı	+		
		5	Özkütle formülünün kullanımı	+		
		4	Özkütle kavramının yorumu	+		
4	Hacim kavramı	5	Kürenin hacim ifadesi	+		
		4b	Özkütle formülünü kullanarak hacim kavramına ulaşma	+		
		4c	Gazların hacmini hatırlama	+		Suyun hacmi ısıtılınca artar.
5	Kütle kavramı	1	Özkütle formülünü kullanarak kütle kavramına ulaşma	+		
		3	Ağırlık formülünü kullanarak kütle kavramına ulaşma	+		
		5	Özkütle formülünü kullanarak kütle kavramına ulaşma	+		
6	Kaynama	4a	Kaynama sonucunda buharlaşma olayını hatırlama	+		
		2	Basınç ile kaynamanın gerçekleşmesini hatırlama		+	Hava basıncı olmadığından dolayı kaynamaz.
		6	Basınç ile kaynamanın gerçekleşmesini hatırlama		+	Yerçekimi ivmesinin Q ısı değerine etki ettiği düşünülmüş.

3. 1. 11. 10. Tablo 3. 44. Isı ve Sıcaklık ile İlgili Sorular-3'e ait Değerlendirme Tablosu (Etkinlik-10)

SIRA	KAVRAMLAR	İLGİLİ OLAN SORU	SORUNUN İÇERİĞİ	SORUYA VERİLEN DOĞRU CEVAP	SORUYA VERİLEN YANLIŞ CEVAP	AÇIKLAMALAR
1	Moleküller Arası Çekim Kuvveti kavramı (M.A.Ç.K.)	1a	M.A.Ç.K. tanımı	+		
		1b	M.A.Ç.K. tanımı	+		
		1c	M.A.Ç.K. tanımı	+		
		1d	M.A.Ç.K. tanımı	+		
		2c	M.A.Ç.K. tanımı	+		
		3a	M.A.Ç.K. ile Potansiyel Enerji arasındaki ilişki	+		
2	Potansiyel Enerji kavramı	4b	M.A.Ç.K. tanımı	+		
		2a	Potansiyel Enerji tanımı	+		
		3c	Potansiyel Enerji tanımı		+	
		4d	Potansiyel Enerji tanımı		+	
		5c	Potansiyel Enerji tanımı	+		0 °C'deki buz 0 °C'de su haline gelirken Potansiyel Enerji artar.
3	Düzensizlik kavramı	2b	Düzensizlik tanımı	+		
		3d	Düzensizlik tanımı	+		
		3i	Düzensizlik tanımı	+		
		3b	Kinetik Enerji tanımı	+		
4	Kinetik Enerji kavramı	6a	Kinetik Enerji tanımı	+		
		6b	Kinetik Enerji tanımı	+		
		3e	Hacim tanımı		+	
5	Hacim kavramı	4a	Hacim tanımı	+		
		5b	Hacim tanımı	+		0 °C'deki buz 0 °C'de su haline gelirken hacimi azalır.
6	Kütle kavramı	3f	Kütle tanımı	+		
		4f	Kütle tanımı		+	
7	Özkütle kavramı	3g	Özkütle tanımı	+		
		5a	Özkütle tanımı	+		0 °C'deki buz 0 °C'de su haline gelirken özkütle artar.
8	Moleküller yapı kavramı	3h	Moleküller yapı tanımı	+		
9	Molekül sayısı kavramı	4c	Molekül sayısı tanımı		+	
10	Isı sıgası kavramı	4e	Isı Sıgası tanımı	+		
11	Ortalama Kinetik Enerji kavramı	6d	Ortalama Kinetik Enerji tanımı	+		
12	Toplam Kinetik Enerji kavramı	6c	Toplam Kinetik Enerji tanımı	+		

3. 1. 11. 11. Öğrenci K'ya ait Etkinliklerin Değerlendirmesi:

Etkinlik 1'deki kavram çarkına öğrencinin vermiş olduğu cevaplar incelendiği zaman, “*Kütle, eşit kollu terazi ile ölçülür*”, “*Eşit kollu terazi ile ölçüm yapıldığında birim, kg olarak çıkabilir*”, “*Newton, ağırlık birimidir*” ve “*Kilogram, kütlenin birimidir*” şeklinde ifadelerin kullanılmasına bakılarak “kütle, ağırlık, kilogram, Newton ve eşit kollu terazi” kavramlarının karıştırılmadığı gözlenmesine karşın; Etkinlik 2'deki kavram sınıflandırmasında eşit kollu terazi kavramı ağırlık sınıfına yerleştirilmiştir. Öğrenci görüşmesinde “eşit kollu terazi neyi ölçer?” sorusu yöneltildiğinde öğrenciden “*ağırlık*” cevabı alınmıştır. Öğrenci, günlük hayatta kullandığı bilgileri ile okulda formal fen müfredatı çerçevesinde öğrendiği bilgileri arasında bir ilişki kuramamıştır. Bu durum, öğrencinin sahip olduğu bilgilerin birbirinden bağımsız bilişsel yapı alanında saklandığını göstermektedir.

Etkinlik 1'deki “*Kütle/hacim = d'dir*” ifadesine dayanarak Etkinlik 3'teki 1. soruda, şekilleri aynı olan cisimlerin hacimleri ile beraber kütleleri de aynıymış gibi alınmış ve özkütlelerinin de eşit olduğu yargısına ulaşılmıştır. Kütle ve hacimleri eşit olan cisimlerin özkütlelerinin de eşit olduğu yargısına öğrencinin ulaşması, kütle ve hacim kavramlarının kullanılarak özkütle kavramını tutarlı bir biçimde yorumlanabildiğini gösterir.

Etkinlik 3'teki 3. soruda, kürenin hacim ifadesi yazılabilmektedir. Her ne kadar özkütle formülü öğrenci tarafından bilinse de kütle değeri, özkütle formülünde kullanılarak hacim değerine ulaşılamamıştır. Bu durum, öğrencinin kavramlar arası ilişkileri açık bir biçimde kuramadığını ifade etmektedir.

Etkinlik 3'teki 5. soruda ise hacmin sıcaklık ve basınç ile değiştiği hatırlanamaz iken, 2. soruda hacmin sıcaklık ve yoğunluk ile değiştiği ifade edilmiştir. Öğrenci görüşmesinde “yoğunluğun hacmi nasıl değiştirdiği” sorulduğunda öğrenciden, “*d=m/V'den hacim değiştikçe yoğunluk değişir*” cevabı alınmıştır. Öğrenciden alınan bu cevap yanlıştır. Çünkü sabit sıcaklık ve basınçta belirli bir cins maddenin değişik hacimlerinden oluşan cisimler alındığında, bu

cisimlerin hacimleri ile birlikte kütleleri de artacağı için özkütle sabit kalır. Etkinlik 3'teki 5. ve 2. sorularda özkütlenin hacim değişimi ile değiştiği ifade edilmiştir. Öğrenmenin kavram veya kavram gruplarının karşılıklı olarak birbirini etkilemesiyle, silsile halinde birindeki değişimden diğerinin de etkilenmesine neden olması şeklinde meydana geldiği kabul edilirse; öğrencinin verdiği cevapta, hacim değişiminin özkütleyi etkileyeceğinin ifade edilmesi ancak özkütleyi değiştirecek etmenlerin ortaya konulmaması, öğrenme silsilesinde bir kopukluğun var olduğunu veya öğrencinin “hacim, sıcaklık ve basınç ile değişir” gibi ezber bir bilgiye sahip olduğunu göstermektedir. Öğrencinin “sıcaklık ve basınç” kavramlarını maddelere etki eden kuvvetler olarak algılaması ve Etkinlik 2'deki madde ve özellikleri ile ilgili kavram sınıflandırmasında bu şekilde sınıflandırma yapması ilgi çekici bir bulgudur. Öğrenci görüşmesinde “sıcaklık ve basınç maddelere etki eden kuvvet midir?” sorusu yöneltildiğinde öğrenci, bunların kuvvet olmadığını ifade etmiştir. Etkinlik 7'deki ısı ve sıcaklık ile ilgili kavram sınıflandırmasında “basınç” kavramı sıcaklık sınıfı içerisine dahil edilmiştir. Öğrenci görüşmesinde neden basıncın sıcaklık sınıfına dahil edildiği sorulduğunda; öğrenci, bu iki kavramın hacmi değiştirdiğini söylemiştir. Öğrencinin mevcut olan bilgisi, Etkinlik 7'de basınç ve sıcaklık anahtar kelimeleri ile çağrışım yaparak yeniden ortaya çıkmıştır.

Yerçekimi ivmesinin değişimi, öğrenci tarafından öğrenilmiştir ve ağırlık kavramına başarıyla uygulanmıştır. Etkinlik 1'deki kavram çarkında “*Kütle çekim kuvveti, ağırlıkla ilişkilidir*” ifadesi kullanılmıştır. öğrenci görüşmesinde bu ilişkinin nasıl olduğu sorulduğunda öğrenci; “ *$G=m.g$ olduğu için aralarında ilişki vardır. Burada; G ağırlık, m kütle ve g kütle çekim kuvvetidir*” şeklinde açıklama yapmıştır. Öğrencinin vermiş olduğu bu ifadeden kütle çekim ivmesini, kütle çekim kuvveti şeklinde algıladığı ortaya çıkmaktadır. Etkinlik 3'te kütle çekim ivmesinin bulunduğu ortama göre değiştiğinin öğrenci tarafından öğrenildiği görülmektedir. Öğrenci Ay'da ağırlığın azalmasının yanı sıra genelleme yaparak kütle ve hacmin de azaldığını iddia etmiştir.

Öğrenci, Etkinlik 1'deki kavram çarkında, kütle çekim kuvveti ile kütle çekim ivmesi arasında yazdığı ilişki için; “*Ağırlığın kutuplarda en büyük olmasının nedeni,*

yerçekimi ivmesinin hafifletici etkisinin ortadan kalkmasıdır” tanımı vermiştir. Öğrenci görüşmesinde bu tanımın açıklanması istendiğinde öğrenci, bu ifadeyi coğrafya dersinde öğrendiğini ve o sebepten burada yazdığını ifade etmiştir. Farklı bir derste mantıklı temellere dayalı bir çatı içerisinde kazanılmayan bilgi, öğrenci zihninde bağımsız bir bilgi elemanı olarak tutulmuştur. Öğrencinin ileri seviyelerde kazandığı yeni bilgiler doğrultusunda mevcut bilgisi mantıklı temeller içerisinde yerleştirilemediği gibi mevcut bilgi ileri seviyelerdeki öğrenmelere etki etmiştir.

Öğrenci 3. Etkinlikteki 2. ve 5. soruda ortaya koyamadığı hacmin sıcaklık ve basınç ile değişimi görüşünü öğrenci görüşmelerinde benimsemektedir. Öğrenci “hacmin değişmesi için sıcaklık değişiminin gerçekleşmesi gerektiği” ve bu görüşe dayanarak da “sıcaklık azaltılırsa hacim azalır” görüşüne sahiptir. Bu görüş çerçevesinde Etkinlik 8’deki 5. soruda $+4^{\circ}\text{C}$ ’deki su 0°C ’ye doğru soğutulursa hacminin azalacağı savunulmuştur. $d=m/V$ ifadesi gereğince suyun hacmi azalınca özkütlenin artacağı yorumuna ulaşılmıştır. Bu durum öğrencinin geliştirdiği alternatif bir çatıdır ve öğrenciye göre de mantıklıdır. Ancak yoğunluğu artar diye ifade edilen su olmasına karşın “*Yoğunluğu artan cisim dibe çöker*” denilmiştir. Yani öğrencinin aynı soru içerisinde algısı farklı yöne kaymıştır. Suyu göre yoğunluğu artan cisim, dibe çöker şeklinde algılanmıştır.

Daha sonraki süreçte öğrencinin $+4^{\circ}\text{C}$ ’de suyun hacminin en az olduğunu öğrendiği görülmektedir. Bu görüş çerçevesinde; öğrenci, Etkinlik 10’daki 5b sorusunda, 0°C ’de m gram buzun tamamı eriyerek 0°C ’de su haline geçerken hacmin azalacağı görüşünü kabul etmiştir. Bu sebeple, $d=m/V$ ifadesinden özkütlenin artacağı görüşüne 5a sorusunda ulaşmıştır. Burada öğrencinin başlangıçta sahip olduğu alternatif çatı, çatıya gelen yeni bilgiler sayesinde değiştirilmiş yani mevcut çatı yeniden yapılandırılmıştır. Bunun sonucunda öğrenci, yeni çatısının sınırları içerisinde soruya doğru cevap vermiştir.

Etkinlik 5’teki kavram çarkı incelendiğinde ısı ve sıcaklık kavramları birbirine karıştırılmış ve birbiri ile çelişen cümleler ifade edilmiştir. “*İki farklı sıcaklık sonucu sıcaklık değişimi ortaya çıkar*”, “*Sıcaklık farkını ortadan kaldırmak için sıcaklık*

değiştğinde madde ısı alır veya verir” ve “İki farklı ısı sonucu ısı alışverişi ortaya çıkar”, “İki farklı ısı sonucu alınan ısı veya verilen ısı ortaya çıkar” ifadelerinden sıcaklık farkından dolayı sıcaklık farkını ortadan kaldıracak yönde ısı transfer edilir görüşüne öğrencinin sahip olmadığı görülmektedir. Bu ifadelerden “ısı ve sıcaklık” kavramlarının birbirine karıştırıldığı söylenebilir. “Toplam kinetik enerji, sıcaklığı verir”, “Ortalama kinetik enerji, ısıyı verir”, “İki enerjinin toplamına, toplam kinetik enerji denir”, “İki farklı enerji sonucu ortalama kinetik enerji açığa çıkar” ifadelerinden de anlaşılacağı üzere kavramların tam ve doğru olarak öğrenilmediği gözlenmektedir. Etkinlik 4’te de “Isı molekülleri arttıkça sıcaklık da artar” ifadesinde öğrenci moleküller ile ısı ve sıcaklık kavramlarını anlatmaya çalışmış ancak ısıyı molekülmiş gibi algılamıştır. “Sıcaklık, ısı ile doğru orantılıdır. Bir cismin sıcaklığı diğer cisme göre yüksek ise, ısı da yüksektir” ifadelerinde öğrenci cisimlerin kütlelerini dikkate almamıştır. Burada yazılan ifadeler, tanım düzeyinde yüzeysel bilgilerdir. Öğrenci, maddeyi oluşturan atomların veya moleküllerin bulundukları ortamdaki sıcaklığa bağlı olarak kinetik enerjilerinin değişmesi ile maddenin termal enerjisi arasında derinlemesine düşünebilmeyi gerektiren bir açıklama getirememiştir.

Özısı ve ısı sığası kavramlarını içeren sorular doğru cevaplandırılmıştır. Ancak öğrencinin “özısı” kavramından anladığı “yoğunluk” kavramıdır. Etkinlik 6’daki kavram çarkında kullanılan “Madde cinsine göre, sıcaklık fazla veya az değişiklik gösterir” ifadesinde yer alan “madde cinsi”nin farklı olmasından öğrenci, maddelerin özısılarının farklı olmasını değil yoğunlukların farklı olmasını kastetmiştir. “Maddelerin yoğunluğuna göre aynı dereceye gelmeleri farklı zaman dilimleri içinde olur” ifadesi de öğrencinin “yoğunluk” ile “özısı” kavramlarını karıştırdığını göstermektedir. Öğrencinin mevcut çatısında yer alan “yoğunluk” kavramı, çatıya yeni gelen “özısı” kavramının öğrenilmesine etki etmiştir ve “özısı” kavramının, “yoğunluk” kavramı ile ilişkisi kurularak bu yönde algılama geliştirilmiştir.

Etkinlik 8’de 5. soruda kurulan çatı Etkinlik 9’da da kullanılmıştır ve 4c sorusunda “Suyun hacmi ısıtılınca artar” denilmiştir. Bu soru için verilen cevap

doğru olmasına karşın, her zaman bu görüşün geçerli olmadığı açıktır. Etkinlik 9'daki 4c sorusunda “*Su ısıtılınca hacmi artar*” denilmesine karşın, Etkinlik 10'daki 3e sorusunda buz, buz + su, su, su + buhar, buhar fazları doğrultusunda hacmin artmadığı iddia edilmiştir. Bu görüşe zıtlık oluşturacak bir biçimde, 3g sorusunda ise suyun buzdan buhar olana kadarki fazlarda özkütlesinin sabit olmadığı iddia edilmiştir. Eğer 3e sorusunda verilen hacim değişmemiştir görüşü kabul edilmiş ise özkütlenin de değişmemesi görüşünün benimsenmesi gerekirdi. Öğrenci bilgilerini tutarlı bir biçimde yorumlayamamaktadır.

Etkinlik 9'daki 6. soruda Dünya'dakine benzer ortam yaratıldığı için kaynamanın gerçekleşeceği düşünülmüş ve 6. soruda yerçekimi ivmesinin verilen ısı değerine de etki ettiği düşünülerek ısı değeri ile kaynama süresi arasında ilişki kurulmaya çalışılmıştır. Ancak, aynı etkinlikteki 2. soruda suyun basınçlı ortama konulduğu dikkate alınmayarak, hava basıncı olmadığı için kaynamanın gerçekleşmeyeceği iddia edilmiştir.

Etkinlik 10'daki 2a ve 3c soruları hal değişimlerinde moleküllerin sahip olduğu potansiyel enerjiler hakkındaki öğrenci görüşlerini ortaya çıkartmaya yöneliktir. Öğrencinin bu sorulara vermiş olduğu cevaplardan, öğrencide moleküllerin sahip olduğu potansiyel enerji kavramının tam olarak oturmadığı gözlenmektedir. Öyle ki 2a sorusuna doğru cevap yazılırken, 3c sorusu doğru olarak cevaplanamamıştır. 4d sorusunda ise 0°C 'de m gram su ile 0°C 'de m gram buzun potansiyel enerjisinin aynı olduğu iddia edilmiştir. Etkinlik 10'da 4. soru içinde 0°C 'deki su ve buzun özellikleri sorulurken, su ve buzun eşit kütleli olduğu soru içerisinde belirtilmesine rağmen 4f şıkında hal değişiminde kütlelerin de değiştiği savunulmuştur. Öğrencinin vermiş olduğu bu cevaplara bakılarak, öğrenci görüşlerinin parçalı ve birbirinden tutarsız bir görünüm sergilediği yorumu yapılabilir.

Etkinlik 10'da 4c şıkında hal değişiminde molekül sayısının değiştiği düşünülmüştür.

Madde ve özellikleri ile ilgili kavram çarkındaki, Isıtılan maddeye verilen enerji ile ilgili kavram çarkındaki tüm kavramlar arasında, her ne kadar kurulan her ifade fizik ilkeleri açısından doğru olmasa da, öğrencinin kendine göre anlam yüklediği ilişkileri yazdığı görülmektedir. Isı ve sıcaklık ile ilgili kavram çarkındaki kütle kavramının bu etkinlik içindeki diğer kavramlar ile ilişkisi kurulamamıştır. Ancak yapılan tüm etkinlikler incelendiğinde öğrencinin kütle kavramına sahip olmadığı söylenemez.



3. 1. 12. Öğrenci L'nin Etkinliklere Vermiş Olduğu Cevaplar

3. 1. 12. 1. Madde ve Özellikleri ile İlgili Kavram Çarkının Değerlendirilmesi (Etkinlik-1)

1-2: Kütle, eşit kollu terazi ile ölçülür.

1-3: Eşit kollu terazideki cismin hacmi de olur.

1-7: Eşit kollu terazinin birimi, kilogramdır.

1-13: Eşit kollu terazi ile ağırlık ölçülür.

2-3: Her maddenin özelliği kütle ve hacimdir.

2-4: $d=m/V$ ifadesine göre kütle ve hacme bölersek yoğunluğu buluruz.

2-5: Kütle, cismin özağırlığıdır.

2-7: Kütle birimi, kilogramdır.

2-10: Kütle ile yerçekimi ivmesi aynı konu içinde yer alır.

2-13: Kütle, ağırlık ile ölçülür.

3-4: Cismin hacmini, yoğunluğu ile de ölçeriz. Örneğin suyun yoğunluğu hacmini verir.

3-9: Metreküp, hacmin birimidir.

5-12: Özkütle ile özağırlık ölçülür.

6-11: Kütle çekim kuvvetinin birimi, Newton/kilogram'dır.

6-13: Kütle çekim kuvveti, ağırlıktır.

6-7-8: Newton'u kilogram'a bölersek kütle çekim kuvvetini buluruz.

7-13: Kilogram, ağırlığın birimidir. Cismin ağırlığını, kilogram ile ölçeriz.

8-9: Newton ve metreküp her ikisi de ölçü birimidir.

3. 1. 12. 2. Madde ve Özellikleri ile İlgili Kavram Sınıflandırması
(Etkinlik-2)

Madde

katı
sıvı
gaz
eşit kollu terazi

Kütle

katıların kütlesi
sıvıların kütlesi
gazların kütlesi

Hacim

katıların hacmi
sıvıların hacmi
gazların hacmi
geometrik olmayan
cisimlerin hacimleri
geometrik biçimli
cisimlerin hacimleri

Özkütle

katıların özkütlesi
sıvıların özkütlesi
gazların özkütlesi

Maddenin Özellikleri

kütle
eylemsizlik
yoğunluk
hacim

Ağırlık

Newton
kütle çekim kuvveti
kütle çekim ivmesi
kütle

Özkütleyi ve Özağırlığı Etkileyen Etmenler

basınç
sıcaklık
yoğunluk

3. 1. 12. 3. Tablo 3. 45. Madde ve Özellikleri ile İlgili Sorulara ait Değerlendirme Tablosu (Etkinlik-3)

SIRA	KAVRAMLAR	İLGİLİ OLAN SORU	SORUNUN İÇERİĞİ	SORUYA VERİLEN DOĞRU CEVAP	SORUYA VERİLEN YANLIŞ CEVAP	AÇIKLAMALAR
1	Hacim Kavramı	1c	Hacim tanımı	+		
		1d	Hacim tanımı	+		
		3	Kürenin hacim ifadesi	+		
		3	Özkütle formülünü kullanarak hacim kavramına ulaşma		+	V=36000 kg alınmış.
2	Kütle Kavramı	9	Hacim değişimi	+		
		5	Hacmin sıcaklık ve basınç ile değişimi	+		
		2	Hacmin sıcaklık ve basınç ile değişimi	+		
		9	Kütle değişimi	+		
3	Ağırlık Kavramı	1a	Kütle tanımı		+	
		4	Ağırlık değişimi		+	Ağırlık değişmez.
		6	Ağırlık değişimi		+	
		9	Ağırlık değişimi		+	Ay'da ağırlık değişmez.
4	Özkütle Kavramı	3	Özkütle formülü		+	
		2	Özkütlenin, hacim değişimi ile değişmesi	+		
		5	Özkütlenin, hacim değişimi ile değişmesi	+		
		1b	Özkütle tanımı	+		
5	Özgül ağırlık Kavramı	6	Özgül ağırlık formülü		+	Özkütle bulunmuş.
		2	Özgül ağırlığın, yerçekimi ivmesinin değişmesi ile değişimi	+		
		2	Özgül ağırlığın, özkütlenin değişimi ile değişmesi		+	
		7	Yerçekimi tanımı	+		
8	Yerçekimi İvmesi Kavramı	8	Eylemsizlik tanımı	+		
		6	Yerçekimi ivmesinin değişimi		+	
		9	Yerçekimi ivmesinin değişimi		+	Yerçekimi Dünya'daki ile aynıdır.
		2	Yerçekimi ivmesinin değişimi	+		
8	Yerçekimi İvmesi Kavramı	4	Yerçekimi ivmesinin değişimine ait yorum			Yorum yapılmamış.

3. 1. 12. 4. Isı ve Sıcaklık ile İlgili Sorular (Etkinlik-4)

Isı ve sıcaklık nedir? Tanımlayınız.

Sıcaklık, bir molekülün ortalama kinetik enerjisidir. Moleküller birbirine sürtünerek kinetik enerjiye dönüşür. Biz buna sıcaklık deriz. Sıcaklık birimi $^{\circ}\text{C}$ 'dir. Sıcaklığı Celsius, Kelvin, Reaumur ve Fahrenheit termometreleri ile ölçeriz. Celsius termometresi oda sıcaklığını ölçer.

Isı, sıcaklık ile elde edilir. Isı, bir enerji çeşididir. Isı, moleküllerin kinetik enerjileri ile elde edilen bir enerjidir.

Bir cismin sıcaklığı diğer cisme göre yüksek ise; ısı da yüksektir. Isı sıcaklıkla doğru orantılıdır. Bir cismin sıcaklığı o cismin ısisından bağımsızdır.

3. 1. 12. 5. Isı ve Sıcaklık ile İlgili Kavram Çarkının Değerlendirilmesi (Etkinlik-5)

- 1-2: Isı, bir enerji çeşididir.
- 1-3: Isı ve sıcaklığın ortak özelliği kinetik enerjileridir.
- 1-5: Isı, toplam kinetik enerjidir.
- 1-7: Isı, kalorimetre kabı ile ölçülür.
- 1-8: Isı birimi, joule'dür.
- 1-9: Isı birimi, kalori'dir.
- 3-4: Sıcaklık, moleküllerin ortalama kinetik enerjiye dönüşmesi ile ölçülür.
- 3-6: Sıcaklık, termometre ile ölçülür.
- 6-10: Celsius, bir termometredir. En çok oda sıcaklığını ölçmede kullanılır.
- 6-11: Kelvin, bir termometredir.
- 6-12: Reaumur, bir termometredir.
- 6-13: Fahrenheit, bir termometredir.
- 14-15: Bir maddedeki sıcaklık değişimi, her zaman ısı alışverişi sonucunda olur.
- 14-17: Sıcaklık değişiminde, ısı transferi olur.
- 15-16: Isı alışverişinde değer mutlak sıfırdır.
- 18-19: Alınan ısı, verilen ısıya her zaman eşittir.

3. 1. 12. 6. Isıtılan Maddeye Verilen Enerji ile İlgili Kavram Çarkının Değerlendirilmesi

(Etkinlik-6)

1-2: Isı dağılışı, madde cinsine göre değişir.

1-4: Isı dağılışı, madde miktarına bağlı değildir. Madde miktarı nasıl olursa olsun ısı dağılışı her zaman aynıdır.

1-5: Zamanın ısı dağılışı ile hiçbir alakası yoktur. Isı dağılışı her zaman aynıdır.

2-3: Sıcaklık değişimi, madde cinsine göre her zaman aynı olmayabilir. Çünkü kütleleri ve cisim aynı olmayabilir.

3-4: Sıcaklığın değişmesi, madde miktarına bağlı olabilir.

3-5: Sıcaklığın değişmesi zamanla değişebilir.

3. 1. 12. 7. Isı ve Sıcaklık ile İlgili Kavram Sınıflandırması

(Etkinlik-7)

Kütle

özkütle

Termometre

Kelvin
Reaumur
Celsius
Fahrenheit

Enerji

ortalama kinetik enerji
toplam kinetik enerji

Sıcaklık

hal değişimi
sıcaklık değişimi
madde miktarı
mutlak sıfır

Sıcaklık ve Isı birimleri

joule
kalori

Sıcaklık Ölçme Aletleri

kalorimetre kabı
termometre

Isı

ısı alışverişi
alınan ısı
verilen ısı
ısı transferi
hal değişimi
basınç

3. 1. 12. 8. Tablo 3. 46. Isı ve Sıcaklık ile İlgili Sorular-1'e ait Değerlendirme Tablosu (Etkinlik-8)

SIRA	KAVRAMLAR	İLGİLİ OLAN SORU	SORUNUN İÇERİĞİ	SORUYA VERİLEN DOĞRU CEVAP	SORUYA VERİLEN YANLIŞ CEVAP	AÇIKLAMALAR
1	$Q=m.c.\Delta T$	1	$Q=m.c.\Delta T$ ifadesinin kullanımı		+	Formül kullanılmamış.
		3	$Q=m.c.\Delta T$ ifadesinin kullanımı	+		
		2	$Q=m.c.\Delta T$ ifadesinin yorumu		+	Maddenin özısı ile ısı sıgası aynıdır.kütlesi belli değil.
2	Özısı kavramı	2a	$Q=m.c.\Delta T$ ifadesinde özısı kavramını yorumlama		+	
		3	$Q=m.c.\Delta T$ ifadesini kullanarak özısı kavramına ulaşma	+		
3	Isı sıgası kavramı	2c	$Q=m.c.\Delta T$ ifadesini kullanarak ısı sıgası kavramına ulaşma	+		
		3	$Q=m.c.\Delta T$ ifadesini kullanarak ısı sıgası kavramına ulaşma	+		
		5	Özkütle kavramını yorumlama	+		
4	Özkütle kavramı	4a	Isı değişimi kavramını yorumlama	+		
5	Isı değişimi kavramı	4b	Sıcaklık değişimi tanımı	+		
6	Sıcaklık değişimi kavramı	4c	Son sıcaklık tanımı	+		Isı alışverişi ile denge olunca, son sıcaklıklar aynıdır.
7	Son sıcaklık kavramı	2b	$Q=m.c.\Delta T$ ifadesinde kütle kavramını yorumlama	+		
8	Kütle kavramı					
9	Hacim kavramı	5	Sıcaklık kavramını kullanarak hacmi yorumlama		+	Su soğuyunca kütlesi artar, özkütlesi azalır.

3. 1. 12. 9. Tablo 3. 47. Isı ve Sıcaklık ile İlgili Sorular-2'ye ait Değerlendirme Tablosu (Etkinlik-9)

SIRA	KAVRAMLAR	İLGİLİ OLAN SORU	SORUNUN İÇERİĞİ	SORUYA VERİLEN DOĞRU CEVAP	SORUYA VERİLEN YANLIŞ CEVAP	AÇIKLAMALAR
1	Q=m.c.ΔT	1	Q=m.c.ΔT ifadesinin kullanımı	+		
		3	Q=m.c.ΔT ifadesinin kullanımı	+		
		5	Q=m.c.ΔT ifadesinin kullanımı	+		
2	Ağırlık kavramı	6	Q=m.c.ΔT ifadesinin yorumu		+	Yorum yapılmamış.
		3	Ağırlık formülünün kullanımı	+		
		6	Ağırlık değişimi	+		
3	Özkütle kavramı	1	Özkütle formülünün kullanımı	+		
		5	Özkütle formülünün kullanımı	+		
		4	Özkütle kavramının yorumu	+		Su buharlaşmıştır.
4	Hacim kavramı	5	Kütle hacim ifadesi	+		
		4b	Özkütle formülünü kullanarak hacim kavramına ulaşma	+		Buharlaşmıştır.
		4c	Gazların hacmini hatırlama	+		Havaya karışır.
5	Kütle kavramı	1	Özkütle formülünü kullanarak kütle kavramına ulaşma	+		
		3	Ağırlık formülünü kullanarak kütle kavramına ulaşma	+		
		5	Özkütle formülünü kullanarak kütle kavramına ulaşma	+		
6	Kaynama	4a	Kaynama sonucunda buharlaşma olayını hatırlama	+		Havaya karışır.
		2	Basınç ile kaynamanın gerçekleşmesini hatırlama		+	Ay'da moleküller iyi sıkışmadığından kaynamaz.
		6	Basınç ile kaynamanın gerçekleşmesini hatırlama		+	Kaynama olamadığından dakikası olmaz.

3. 1. 12. 10. Tablo 3. 48. Isı ve Sıcaklık ile İlgili Sorular-3'e ait Değerlendirme Tablosu (Etkinlik-10)

SIRA	KAVRAMLAR	İLGİLİ OLAN SORU	SORUNUN İÇERİĞİ	SORUYA VERİLEN DOĞRU CEVAP	SORUYA VERİLEN YANLIŞ CEVAP	AÇIKLAMALAR
1	Moleküller Arası Çekim Kuvveti kavramı (M.A.Ç.K.)	1a	M.A.Ç.K. tanımı	+		
		1b	M.A.Ç.K. tanımı	+		
		1c	M.A.Ç.K. tanımı	+		
		1d	M.A.Ç.K. tanımı	+		
		2c	M.A.Ç.K. tanımı	+		
		3a	M.A.Ç.K. ile Potansiyel Enerji arasındaki ilişki	+		
2	Potansiyel Enerji kavramı	4b	M.A.Ç.K. tanımı	+		
		2a	Potansiyel Enerji tanımı	+		
		3c	Potansiyel Enerji tanımı	+		
		4d	Potansiyel Enerji tanımı	+		
		5c	Potansiyel Enerji tanımı	+		0 °C'deki buz 0 °C'de su haline gelirken Potansiyel Enerji artar.
3	Düzensizlik kavramı	2b	Düzensizliğin tanımı	+		
		3d	Düzensizliğin tanımı	+		
		3i	Düzensizliğin tanımı	+		
4	Kinetik Enerji kavramı	3b	Kinetik Enerji tanımı	+		
		6a	Kinetik Enerji tanımı	+		
		6b	Kinetik Enerji tanımı	+		
		3e	Hacim tanımı	+		
		4a	Hacim tanımı	+		
5	Hacim kavramı	5b	Hacim tanımı	+		0 °C'deki buz 0 °C'de su haline gelirken hacmi azalır.
		3f	Kütle tanımı	+		
6	Kütle kavramı	4f	Kütle tanımı	+		
		3g	Özkütle tanımı	+		
7	Özkütle kavramı	5a	Özkütle tanımı	+		0 °C'deki buz 0 °C'de su haline gelirken özkütlesi artar.
		3h	Moleküler yapı tanımı	+	+	
8	Moleküler yapı kavramı	4c	Molekül sayısı tanımı	+		
9	Molekül sayısı kavramı	4e	Isı Sığası tanımı	+		
10	Isı kapasitesi kavramı	6d	Ortalama Kinetik Enerji tanımı	+		
11	Ortalama Kinetik Enerji kavramı	6c	Toplam Kinetik Enerji tanımı	+		
12	Toplam Kinetik Enerji kavramı					

3. 1. 12. 11. Öğrenci L'ye ait Etkinliklerin Değerlendirmesi:

Genel olarak öğrencinin Etkinlik 1'deki kavram çarkında kurduğu ifadelere bakıldığında; “kütle, ağırlık ve eşit kollu terazi” kavramlarının birbirine karıştırıldığı gözlenmektedir. Etkinlik 1'deki kavram çarkında öğrencinin kavramlar arasındaki ilişkiler incelendiğinde; “Eşit kollu terazi ile ağırlık ölçülür”, “Kütle, ağırlık ile ölçülür”, “Kilogram, ağırlığın birimidir. Cismin ağırlığını, kilogram ile ölçeriz”, “Kütle, cismin özağırlığıdır” ifadeleri bu kavramların, öğrenci tarafından nasıl algılandığını göstermektedir. Etkinlik 2'deki kavram sınıflandırmasında eşit kollu terazi, ağırlık başlığı altına yerleştirilmeyip madde başlığı altına yerleştirilmiştir. Öğrenci görüşmesinde neden madde sınıfına eşit kollu terazi kavramı katıldığı sorulduğunda öğrenciden “maddeyi eşit kollu terazi ile ölçeriz” yanıtı alınmıştır. Bunun üzerine, “maddenin hangi özelliği eşit kollu terazi ile ölçülür?” sorusu yöneltildiğinde öğrenci “ağırlık” cevabını vermiştir. Öğrencinin kütle ve hacim kavramlarını da karıştırdığı görülmektedir. Etkinlik 3'teki 1. soruda uzayda kapladıkları yer ve şekilleri aynı olan A ve B bloklarının hacimlerinin aynı olduğunun yanında kütleleri de aynıdır yargısına ulaşılmıştır. Ancak Etkinlik 1'deki kavram çarkında “ $d=m/V$ ifadesine göre kütleyi hacme bölersek yoğunluğu buluruz” şeklinde kütle, hacim ve yoğunluk arasındaki ilişkinin yazılabilesine rağmen Etkinlik 3'te bu görüşe dayalı olarak A ve B bloklarının kütle ve hacimleri eşit ise yoğunlukları da eşittir yorumu yapılamamıştır. Bu durum öğrencinin, kavramlar arası ilişkileri çok açık bir biçimde göremediğini ve yorumlayamadığını göstermektedir. Etkinlik 3'teki 3. soruda da “hacim” ile “kütle” kavramları karıştırılarak, hacim değeri olarak 36000 kg şeklinde kütle değeri alınmıştır. Hacim kavramının öğrenilmediği, Etkinlik 1'deki kavram çarkında “Cismin hacmini, yoğunluğu ile de ölçeriz. Örneğin suyun yoğunluğu hacmini verir.” şeklindeki hacim ve yoğunluk arasında kurulan ilişkiden de anlaşılabilir.

Öğrencinin “kütle” ve “hacim” kavramlarını ilerleyen süreç içerisinde doğru olarak öğrenemediği ve bu iki kavramı karıştırmaya devam ettiği gözlenmektedir. Etkinlik 8'deki 5. soruda +4 °C'deki suyun 0 °C'ye doğru soğutulduğu zaman kütlesinin arttığı söylenmiştir. Öğrenci, +4 °C'deki suyun 0 °C'ye doğru soğuyunca

hacimdeki artışı sanki kütledeki artış gibi algılamıştır. “Kütle” kelimesi ile hacim kastedildiği için de; $d=m/V$ ifadesinden özkütlenin azaldığı ifade edilmiştir. Su soğuyunca hacminin atması yönünde geliştirilen görüş öğrencinin doğru anlama gerçekleştirdiğini, yani $+4\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de suyun en küçük hacme sahip olduğunu öğrenildiğini göstermektedir. Ancak bu görüşünü ifade etmek için kullandığı kavram ismi yanlıştır. Su soğutulunca hacminin azalacağı görüşünü içeren yani hacim değişiminin gerçekleşebilmesi için sıcaklığın değiştirilmesinin gerektiğini savunan herhangi bir çatı, Etkinlik 8'de kurulan yeni çatıya etki etmemiştir. Bunun nedeni, izlenilen süreç içerisinde “hacmin sıcaklık ile değiştiği” görüşünü içeren bir çatının hiç kurulmaması gösterilebilir. Bu sebeple Etkinlik 8'de kurulan yeni çatı özgün bir biçimde ortaya çıkmıştır. Bu görüş, Etkinlik 10'daki 5b sorusunda da devam ettirilmiştir. Bu çatı çerçevesinde $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de m gram buzun tamamı eriyerek $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de su haline geçerken yani erime sırasında hacmin azaldığı savunulmuştur. Öğrencinin ulaştığı sonuç kendi çatısı içinde tutarlıdır. Aynı tutarlılıkta hacim azalışı dikkate alınarak $d=m/V$ ifadesinden özkütlenin arttığı sonucuna ulaşılmıştır. Etkinlik 8'de hacim kavramı kütle ile adlandırılırken; Etkinlik 10'da bu yanlış düzeltilmiş ve “kütle artışı”na dayalı ifadede hiç bahsedilmeyip açıklamalar hacim kavramı üzerinden yapılmıştır. Bu durum kurulan yeni çatının, var olan bilgileri de içine alacak biçimde tutarlı olarak kullanıldığını ve mevcut çatıdaki yanlışlıkların yeni çatıda düzeltildiğini göstermektedir. Yani öğrenci mevcut çatısında bir ayarlama yapmıştır.

Etkinlik 3'teki 9. soruda Ay'da hacim ve kütle değişmeyeceği görüşünün yanında, öğrenci genelleme yaparak ağırlığın da değişmeyeceği görüşü benimsemiştir. Aynı görüş çerçevesinde 4. soruda bir cismin kütlesi değiştirilmeden ağırlığının da değişmeyeceği iddia edilmiştir.

Etkinlik 3'te 6. soruda öğrenci özağırlık yerine özkütleyi bulmuştur. Etkinlik 1'de özağırlık için “*Kütle, cismin özağırlığıdır*” ifadesinden özağırlık kavramına ait formülün bilinmediği ve “ *$d=m/V$ Kütle hacme bölerek yoğunluğu buluruz*” ifadesinden özkütle formülünün bilindiği görülmektedir. Öğrencinin özkütle kavramını bilmesinden, ancak özağırlık kavramının bilinmemesinden dolayı

özağırlık kavramı sorulduğunda var olan özkütle kavramı çağrışım yaparak özkütle formülünün kullanıldığı görülmektedir. Öğrenci, mevcut çatıda yer almayan bir kavram ile karşılaştığı zaman içinden çıkamadığı bu problemlili durumu mevcut çatısındaki kavramlar ile açıklamaya çalışmıştır.

Isı ve sıcaklık kavramlarının tam olarak öğrenilmediği gözlenmektedir. Etkinlik 4'te *"Isı, sıcaklık ile elde edilir"*, *"Bir cismin sıcaklığı, o cismin ısısından bağımsızdır"* ve *"Isı, sıcaklıkla doğru orantılıdır"* cümlelerini kullanmıştır. Etkinlik 4'te sıcaklık kavramı için *"Sıcaklık, bir molekülün ortalama kinetik enerjisidir. Moleküller birbirine sürtünerek kinetik enerjiye dönüşür. Biz buna sıcaklık deriz"*; Etkinlik 5'te ise *"Sıcaklık, moleküllerin ortalama kinetik enerjiye dönüşmesi ile ölçülür"* ifadesi kullanmıştır. Öğrenci "ısı ve sıcaklık" kavramlarını moleküler boyutta, maddeyi oluşturan moleküllerin hareketleri ile ilgili olduğunu hatırlamış ancak sahip olduğu bilgiler, ısı ve sıcaklık kavramlarının tam ve doğru tanımını yapmada yetersiz kalmıştır.

Yapılan etkinlikler boyunca öğrenci pek çok yerde sıcaklığın termometre ile ölçüldüğünü ifade etmiştir. Celsius sıcaklık ölçeği diğer sıcaklık ölçeklerine göre öğrenciye daha anlamlı geliyor olmalı ki öğrenci, *"Celsius termometresi oda sıcaklığını ölçer"* ve *"Celsius, bir termometredir. En çok oda sıcaklığını ölçmede kullanılır"* ifadelerini kullanmıştır. Bunun nedeni, öğrencinin günlük hayatta sıcaklık değerini Celsius sıcaklık ölçeği ile belirtmesi gösterilebilir. Bunun sonucunda öğrencide sanki diğer sıcaklık ölçekleri, oda sıcaklığını ölçemez gibi bir algı ortaya çıkmıştır. Öğrenci Celsius sıcaklık ölçeğini sürekli kullandığından dolayı sıcaklık birimini de *"Sıcaklık birimi $^{\circ}C$ 'dir"* şeklinde algılamıştır.

Etkinlik 5'te *"Isı, kalorimetre kabı ile ölçülür"*, *"Sıcaklık, termometre ile ölçülür"*, *"Isı birimi, joule'dür"* ve *"Isı birimi, kalori'dir"* ifadelerinin kurulmasına rağmen Etkinlik 7'de sıcaklık ölçme aletleri sınıfına "kalorimetre kabı ve termometre", ısı ve sıcaklık birimleri sınıfına "joule ve kalori" kavramları dahil edilmiştir. Bu durum, öğrencinin bilgilerinin yok olduğunu ve ısı ve sıcaklık kavramlarının birbirine karıştırıldığını göstermektedir.

Etkinlik 6’da öğrenci, ısı sığasını anlatan “*Sıcaklık değişimi, madde cinsine göre her zaman aynı olmayabilir. Çünkü kütleleri ve cisim aynı olmayabilir*” ifadesini kullanmıştır. Bu görüş öğrencide mevcut olmaya devam etseydi, Etkinlik 8’deki 2. soruda, iki cisme eşit miktarda ısı verildiğinde, her ikisinin de sıcaklığını eşit miktarda arttırmak için cisimlerin kütleleri ile beraber özısılarının da farklı olabileceğinin düşünülmesi gerekirdi. Halbuki öğrenci bu cisimlerin özısıları ile ısı sığalarının eşit olduğunu iddia etmiştir. Öğrenci görüşmesinde bu duruma açıklık getirilmesi istenildiğinde, öğrenci “*kütleleri hakkında bir şey verilmediği için kütleleri aynı olmayabilir. Ancak ısı ile özısı doğru orantılıdır*” yorumunu yapmıştır. Burada $Q=m.c.\Delta T$ ifadesinin yorumlanarak bu sonuca ulaşılmadığı görülmektedir. Öğrencinin başlangıçtaki doğru olan görüşü, zaman içerisinde yok olmuştur. Etkinlik 10’da 3h sorusunda hal değişiminde moleküler yapının bozulduğu iddia edilmiştir. Bunun nedeni öğrenciye sorulduğu zaman “*su ve buzun özısılarının aynı olmamasından dolayı bunlar farklı maddedir*” cevabı verilmiştir.

Etkinlik 8’de 4. soruda, termal temasta bulunan cisimlerin ısı değişimlerinin ve son sıcaklıklarının eşit olduğu yargısına ulaşılırken Etkinlik 5’e öğrencinin yazdığı “*Sıcaklık değişimi, her zaman ısı alışverişi ile olur*” ve “*Alınan ısı, verilen ısıya her zaman eşittir*” ifadeleri temel teşkil etmiştir. Öğrencinin Etkinlik 8’deki 4. sorunun yan tarafına yapmış olduğu “*Isı alışverişi ile denge olunca, son sıcaklıklar aynıdır*” ifadesi de öğrencinin bu öğrenmeye sahip olduğunu doğrular niteliktedir.

Etkinlik 9’daki 2. soruda “*Ay’da moleküller iyi sıkışmadığından kaynamaz*” ifadesi ile Ay’da kaynamanın olmayacağı ve aynı etkinlikteki 6. soruda Dünya’daki ortam sağlansa bile kaynama olmayacağı için kaynama dakikasının olmayacağı iddia edilmiştir. Öğrenci görüşmesinde öğrenciye “*kaynama nedir?*” sorusu yöneltildiğinde, öğrenciden cevap alınamamıştır. Bu durum, öğrencinin Ay’da izole bir ortamın yaratılması halinde dış basıncın sıvı buhar basıncına eşit hale geldiğinde kaynamanın gerçekleşeceğini öğrenmediğini gösterir.

Isı ve sıcaklık ile ilgili kavram sınıflandırmasında ısı sınıfı içerisine basınç kavramı katılmıştır. Öğrenci görüşmesinde bunlar arasındaki ilişki sorulduğunda mantıklı bir açıklama getirilmemiştir.

Madde ve özellikleri ile ilgili kavram çarkındaki ve Isıtılan maddeye verilen enerji ile ilgili kavram çarkındaki tüm kavramlar arasında, her ne kadar kurulan her ifade fizik ilkeleri açısından doğru olmasa da, öğrencinin kendine göre anlam yüklediği ilişkileri yazdığı görülmektedir. Sadece Isı ve sıcaklık ile ilgili kavram çarkındaki “kütle” kavramının çarkta bulunan diğer kavramlar ile olası ilişkileri yazılamamıştır.



3. 2. Elde Edilen Bulguların Alt Problemlere Göre Değerlendirilmesi

Bu bölümde elde edilen bulgular, araştırmanın alt problemlerine göre sunulmuştur.

3. 2. 1. Birinci Alt Problem:

Lise 1. sınıf öğrencilerinin, “ısı ve sıcaklık” konusu hakkında kavram geliştirme süreçlerine “madde ve özellikleri” konusunun etkisi var mıdır?

Lise 1. sınıf öğrencilerinin “ısı ve sıcaklık” konusu hakkında kavram geliştirme süreçlerinde, “madde ve özellikleri” konusunun öğrenci tarafından nasıl öğrenildiğini ortaya çıkartmayı amaçlayan etkinlikler; Madde ve Özellikleri ile İlgili Kavram Çarkı, Madde ve Özellikleri ile İlgili Kavram Sınıflandırması ve Madde ve Özellikleri ile İlgili Sorulara ait etkinliklerdir. Bu etkinliklerde “madde ve özellikleri” konusuna ait temel kavramlara yer verilmiştir. “Madde ve özellikleri” konusuna ait “kütle, hacim, özkütle, ağırlık ve yerçekimi ivmesi” kavramlarının, “ısı ve sıcaklık” konusunun öğrenilmesindeki etkilerinin ortaya çıkartılmasını amaçlayan etkinlikler; Isı ve Sıcaklık ile İlgili Kavram Çarkı, Isıtılan Bir Maddeye Verilen Enerji ile İlgili Kavram Çarkı, Isı ve Sıcaklık ile İlgili Kavram Sınıflandırması, Isı ve Sıcaklık ile İlgili Sorular-1, Isı ve Sıcaklık ile İlgili Sorular-2 ve Isı ve Sıcaklık ile İlgili Sorular-3’e ait etkinliklerdir.

Aşağıda, öğrencilere uygulanan etkinliklerden elde edilen veriler içerisinde, bu alt problemin gözlendiği durumlar ortaya çıkartılarak “madde ve özellikleri” konusuna ait kavramların, “ısı ve sıcaklık” konusunun öğrenilmesindeki etkileri öğrenciler bazında yorumlanmıştır.

Öğrenci A için elde edilen bulgular ve yorumlar:

Öğrencinin özkütle formülü için Etkinlik 1’de “*Kütle/hacim= özkütle ’yi verir*” şeklinde tanımını vermesine ve diğer etkinlikler; 1. Etkinlik, 3. Etkinlik 3. soru, 8. Etkinlik 5. soru, 9. Etkinlik 1. soru, süresince “ $d=m/V$ ” şeklindeki ifadeyi yazılabilmesine rağmen bunları, soru içinde tam ve etkili bir biçimde cevaba ulaşmak için kullanamadığı gözlenmiştir. Özkütle formülü kullanılarak Etkinlik 3’teki 3. soruda hacim, Etkinlik 9’daki 1. soruda kütle kavramına ulaşamamıştır. Yine Etkinlik 9’daki 5. soruda özkütle formülü yazılamadığı için kütle kavramına ulaşamamıştır. Etkinlik 8’deki 5. soruda hacim değişimi ile özkütlenin nasıl değişeceği bulunamamıştır. Özkütle formülünün yazılamaması nedeniyle ısı ve sıcaklık ile ilgili yöneltilen soruların çözümlerinde öğrenci başarılı olamamıştır. Öğrencinin, özkütle kavramının tanımına sahip olduğu ancak bunu soru içinde nasıl kullanacağını bilmediği söylenebilir. Bu durum öğrencinin formülleri yüzeysel olarak ezberlediğini; bunların, derinlemesine düşünme gerektiren problemlerin çözümlerinde aktif bir biçimde kullanılmadığını göstermektedir.

Hacim ve özkütle kavramlarının kullanımı açısından Etkinlik 3’teki 3. soru ile Etkinlik 9’daki 5. soru benzerlikler gösterir. Etkinlik 3’teki 3. sorunun çözümü sırasıyla özkütle ve hacim formülünün kullanılması şeklinde iki bölüme ayrılabilir. Öncelikle; özkütle formülünden hacim değerine ulaşmak, daha sonra bu değeri kürenin hacim formülünde yerine koymak gerekir. Etkinlik 9’daki 5. sorunun çözümü ise kürenin hacim ifadesi, özkütle formülü ve $Q=m.c.\Delta T$ ifadesinin kullanımı şeklinde üç bölüme ayrılabilir. Öncelikle; kürenin hacim formülünden hacim değerini bulmak ve bu değeri özkütle formülünde kullanarak kütle kavramına ulaştıktan sonra bu değeri $Q=m.c.\Delta T$ ifadesinde kullanmak gerekir. Öğrencinin bu iki soruya vermiş olduğu cevaplar incelendiğinde; öğrencinin soru çözümünde ilk formülleri kullandığı, yani Etkinlik 3’teki 3. soruda özkütle formülünü, Etkinlik 9’daki 5. soruda hacim formülünü yazdığı görülmektedir. Öğrenci özkütle tanımını ve formülünü öğrenci görüşmelerinde söyleyebilmesine rağmen, Etkinlik 9’daki 5. sorunun çözümünün devamı olarak özkütle formülünü yazamamıştır. Bu durum, öğrenciye yöneltilen soruların çözümlerinde ilk parçaların (soru çözümlerinin çıkış

noktalarının) öğrenci tarafından yapılabildiğini; ancak soruyu çözüme götüren düşünce yolu içerisinde izlenmesi gereken son kısımların, ilk parçalarla bağlantılarının kurulamadığını göstermektedir.

10. Etkinliğin 5b şikkında 0°C 'de m gram buzun tamamı eriyerek 0°C 'de su haline geçerken hacim artar denilmesine karşılık 5a şikkında “*özkütle her zaman aynı kalır*” denilmesi bir çelişkinin olduğunu gösterir. Öğrenci, yapmış olduğu açıklamada özkütlenin ayırt edici bir özellik olmasından dolayı sabit kaldığını söylemiştir. Öğrencinin sahip olduğu “özkütlenin ayırt edici özelliğinden dolayı sabit kalması gerektiği” görüşü, hal değişiminde hacim ve özkütle değişimlerinin yorumlanmasına etki etmiştir.

Yer çekiminin zamana etki ettiği düşünülerek Etkinlik 9'daki 6. soruda kaynama süresi 5 dakika olarak bulunmuştur. Yerçekimi ivmesinin verilen ısı miktarına etki ettiği düşünülmüştür. Etkinlik 9'daki 2. soruda “*Ay'da ısı Dünya'dakine göre daha azdır*” ifadesi kullanılmıştır. 3. Etkinlik sonunda yapılan öğrenci görüşmelerinde yerçekiminin kütlenin ve hacmin miktarını değiştirmedeği görüşü benimsense bile; 9. Etkinlikte yerçekiminin, zaman ve verilen ısı miktarı gibi soyut kavramlara etkidiği görüşü ortaya çıkmıştır.

Öğrenci B için elde edilen bulgular ve yorumlar:

Öğrenci Etkinlik 2'deki kavram sınıflandırmasında değişen özellikler sınıfına “kütle” kavramını dahil ederek, kütlenin değişebileceğini belirtmiştir. Buna dayanarak da öğrenci Etkinlik 3'te kütle değerinin Ay'da 1/6 oranında azaldığını iddia etmiştir. Yapılan öğrenci görüşmesinde kütlenin değişmeyeceği kabul edilmiştir. Ancak Etkinlik 9'da kütle kavramı tekrar karıştırılmaya başlanmıştır. Etkinlik 9'daki 1. soruda, özkütle formülünden kütle değerinin bulunup $Q=m.c.\Delta T$ ifadesinde kullanılması gerekirken; özkütle değeri, $m=0,8 \text{ g/cm}^3$ şeklinde kütle değerine eşit alınmıştır. Bu sebeple öğrenci soru çözümünde yetersiz kalmıştır. Yine aynı etkinlikteki 2. soruya verilen cevaba bakıldığında zaman “*Ay'da sadece ağırlığın değiştiği, kaynamanın değişmediği*” ifade edilmesine rağmen 6. soruda Ay'da

kütlenin değiştiğine dair görüş yeniden ortaya çıkmıştır. Dünya’da 1000 g gelen suyun kütlesi Ay’da 600 g alınmıştır. Bu durum öğrencinin görüşleri arasında hem tutarsızlığın olduğunu hem de öğrencinin soruya çözüm üretmede yetersiz kaldığında yanlış algılamalara yeniden baş vurduğunu göstermektedir. Yani yanlış algılamalar zaman içinde yeniden ortaya çıkabilir nitelikte olduğundan bunları tamamen ortadan kaldırmak oldukça zordur.

Öğrencinin Etkinlik 6’daki kavram çarkında yazdığı *“Farklı maddelere aynı miktar ısı verildiği halde sıcaklıkları aynı olmaz. O yüzden ısıyla madde cinsi doğru orantılıdır”* ifadesinin öğrenci görüşmesinde açıklanması istendiğinde, alkol ve suya aynı miktar ısı enerjisi verildiğinde bu maddelerdeki sıcaklık değişimlerinin aynı olmadığı söylenmiştir. Öğrenciye *“madde cinsi”*nden kastının ne olduğu sorulduğunda *“alkol veya su gibi farklı madde olması”* cevabı alınmıştır. Öğrencinin açıklamasını *“özısı”* kavramı ile yapması gerekir iken öğrenci, *“madde cinsi”* kelimesini, maddelerin özısılarının farklı olduğunu düşünerek kullanmıştır. Öğrencinin anlaması doğrudur ancak bunu ifade etmek için kullandığı kelime yanlıştır.

Öğrenci C için elde edilen bulgular ve yorumlar:

Etkinlik 6’daki kavram çarkında öğrencinin yazdığı *“Maddenin cinsi ısıya etki eder. Özkütlesi fazla olan çabuk ısınır”, “Maddenin cinsi farklı olursa yoğunluğun az olması nedeniyle ısınma süresi geç gerçekleşir ve zamanla ters orantılıdır”* şeklindeki ifadeler, özısı kavramı ile özkütle kavramlarının karıştırıldığını göstermektedir. Öğrencinin mevcut çatısında yer alan *“özkütle”* kavramı, çatıya yeni gelen *“özısı”* kavramının öğrenilmesine etki etmiştir ve *“özısı”* kavramının, *“özkütle”* kavramı ile ilişkisi kurularak bu yönde algılama geliştirilmiştir.

Öğrenci Etkinlik 9’daki 6. soruda Ay’daki kaynamanın ağırlık ile ilgili olduğunu düşünerek Ay’da ağırlığın değişmesinin kaynama süresini etkilediğini düşünmüştür.

Öğrenci D için elde edilen bulgular ve yorumlar:

Etkinlik 6'daki kavram çarkında öğrencinin kurmuş olduğu “Isı, maddenin cinsi ile ilişkilidir. Çünkü farklı cins maddelerin yoğunlukları da farklıdır”, “Maddelerin yoğunlukları farklı olduğundan dolayı sıcaklık değişimleri de farklıdır. Farklı cinsteki maddelerin sıcaklık değişimleri de farklı olur. Çünkü yoğunlukları farklıdır” ve “Farklı cinsteki ve miktarları aynı olan özkütleleri farklıdır. Örneğin zeytinyağı ve suyu eşit miktarda koysak ve özdeş ısıtıcılarla ısıtsak zeytinyağının yoğunluğu sudan az olduğundan o daha çabuk ısınır” cümlelerinde özkütle ile özısı kavramlarının birbirine karıştırıldığı görülmektedir. Burada öğrencinin bir kavram kargaşası yaşadığı ve bir kavrama başka bir kavramın görevini yükleyerek öğrendiği görülmektedir.

Etkinlik 9'daki 2. soruda Ay'da yerçekiminin olmadığı düşünülerek, sıvı buhar basıncının dış basınca eşit olmaması nedeni ile kaynamanın 100°C 'de gerçekleşmeyeceği ifade edilmiştir. Etkinlik 9'daki 6. soruda ise yerçekiminin zamana etki ettiği düşünülmüş ve böylece kaynama süresi $10/6 \cdot 30 = 50$ dakika olarak bulunmuştur.

Ay'da kütle arttığı Etkinlik 3'teki 9. soruda iddia edilmiş ancak yapılan öğrenci görüşmesinde kütle değişmeyeceği görüşü kabul edilmiştir. Özkütle değişimi için, 3. Etkinlikte öğrenci sıcaklık ve basınç değişiminin hacmi etkilemesi ile özkütlenin değişebileceği bilgisini kullanmaktadır. Başlangıçta Ay'da değişebileceğini düşündüğü (ancak daha sonra bu görüşü terk ettiği) kütle kavramının 10. Etkinlikteki 3f sorusunda ısı verilince kütle artacağı ve aynı şekilde 4f sorusunda ise 0°C 'de m gram su ile 0°C 'de m gram buzun kütlelerinin farklı olduğu iddia edilmektedir. Bu durum öğrencinin kütle kavramı hakkındaki yanlış algılamasının ne kadar kalıcı olduğunu ve zaman içinde kendini tekrar gösterir nitelikte olduğunu gösteren iyi bir örnektir.

Öğrenci E için elde edilen bulgular ve yorumlar:

Öğrenci, Etkinlik 3'te kurduğu Ay'da kütle, hacim ve ağırlığın azaldığı görüşünü içine alan çatıya dayanarak Etkinlik 9'daki 6. soruda Dünya'da kütlesi 1 kg olan suyun Ay'daki kütle değeri için " $m=0,6$ ve Dünya'dakinin 6 da 1'i olduğuna göre 0,6'dır" cevabını vermiştir. Etkinlik 9'daki 2. soruda Ay'da kaynamanın gerçekleştiği düşünülüp, kaynama sıcaklığının 100°C olacağı iddia edilirken; 6. soruda yerçekimi ivmesinin kütlenin azalmasından dolayı kaynama süresine etki ettiği iddia edilmiştir. Bu iki sorunun cevabı birbiriyle tutarlıdır. Çünkü her iki soruda 1 kilogram suyun Ay'da basıncın sabit tutulduğu ve Dünya'dakine benzer izole bir ortamda kaynadığı düşünüldüğünde; madde miktarının kaynama süresine etki ettiği ancak kaynama sıcaklığını değiştirmediği öğrenci tarafından öğrenilmiştir. Bu durum alternatif çatıların, öğrenci perspektifinden tutarlı olduğunu ve mantıklı olarak kavramlar arası ilişkilerin açıklanabildiğini göstermektedir.

Etkinlik 3'ten başlayıp Etkinlik 9'a kadar izlenen süreç içerisinde, öğrencinin kütle ve özkütle kavramları arasında kurduğu ilişkilerin formal fen açısından doğru kabul edilen ilişkiler yönünde gelişmediği gözlenmiştir. Etkinlik 9 incelendiğinde, 1. soruda öğrencinin kütle değeri yerine ($m=0,8 \text{ g/cm}^3$ ifadesi ile) özkütle değerini aldığı görülmektedir. Oysaki öğrenciden beklenen özkütle formülünü kullanarak kütle kavramına ulaşmasıdır. Aynı durum hacim kavramı için de geçerlidir. Etkinlik 9'da 5. soruda hacim ve özkütle formülleri kullanılarak kütle değerine ulaşılamamıştır. Bu durum, öğrencinin kavramlar arasındaki ilişkileri açıkça görerek bağlantıları kuramadığını ve buna bağlı olarak da ısı ve sıcaklık ile ilgili problemlerde matematiksel ifadeleri kullanarak çözüme ulaşamadığını göstermektedir.

Ağırlık, kütle ve yerçekimi ivmesi arasındaki ilişki " $\text{Ağırlık}=\text{Kütle} \times \text{Yerçekimi ivmesi}$ " şeklinde olması gerekirken Etkinlik 9'daki 3. soruda öğrenci bu ifadeyi kendine göre benimsemiş ve " $\text{Kütle}=\text{Ağırlık}+\text{Yerçekimi ivmesi}$ " şeklinde zihninde yapılandırmıştır. Bu durum, öğrencinin "kütle, ağırlık ve yerçekimi ivmesi" arasında bir ilişkinin var olduğunu bildiğini ancak bu ilişkinin doğru olarak ifade

edilemediğini göstermektedir. Öğrenci ilişkiyi kendine göre yorumlayarak “*Kütle=Ağırlık+Yerçekimi ivmesi*” ifadesini elde etmiştir. Bu sebeple öğrenci ısı ve sıcaklık konusu ile ilgili soruların çözümünde başarısız olmuştur. Öğrenciden öğrenmesi beklenen “*Ağırlık=Kütle*Yerçekimi ivmesi*” ifadesi, öğrenci tarafından string olarak öğrenilmemiştir.

Etkinlik 6’daki kavram çarkına bakılırsa öğrenci “*Madde cinsi, ısıya bağlı olarak değişir. Örnek olarak; bir kaptan 1 kilogram buz var. Biz bu buza ısı verdiğimizde buz katı olduğundan sıvıya dönüşecektir. Böylece de maddenin cinsi değişmiş olacaktır*” ifadesini kullanmıştır. Maddenin cinsinin değişmesi için ısı verilmesi gerektiği, buzun suya dönüşümünde ısı verildiğinden dolayı maddenin cinsinin değişeceğine dair alternatif bir çatı kurulmuştur. Etkinlik 6’da kurulan bu çatı, Etkinlik 10’da da kullanılmıştır. Etkinlik 10’da hal değişimi sırasında moleküller arasındaki çekim kuvvetinin zayıflatılması ile moleküler yapının bozulduğu iddia edilmektedir. 0°C ’de m gram su ile 0°C ’de m gram buzun farklı cins maddeler olarak algılanmasından dolayı da bunların özısılarının ve de ısı sığalarının farklı olduğu Etkinlik 10’daki 4e soruda belirtilmiştir. Özısı ve ısı sığalarının farklı olduğu görüşü doğru olmasına karşın, bu görüşlere ait açıklamaların dayandırıldığı çatının temelleri yanlıştır.

Öğrenci F için elde edilen bulgular ve yorumlar:

Araştırmanın yapıldığı süreç içerisinde kütle, hacim ve ağırlık kavramlarının doru olarak öğrenilmediği ve bunların birbirine karıştırıldığı görülmektedir. Etkinlik 9’da “kütle” kavramı ile “ağırlık ve özkütle” kavramları karıştırılmıştır. Etkinlik 9’daki 1. soruda $m=0,8\text{g/cm}^3$ alınırken, 3. soruda $m=30\text{N}$ alınmıştır. 1. soruda özkütle formülü kullanılarak, 3. soruda ise ağırlık formülü kullanılarak kütle değerine ulaşılamamıştır. 5. soruda ise özkütle formülünün kullanılmadığı gözlenmektedir. Bu nedenle öğrenci ısı ve sıcaklık ile ilgili problemlerin çözümünde başarısız olmuştur. Etkinlik 9’daki 4. soruda buharlaşan su miktarı için kütle farkının yok olacağı iddia edilirken Etkinlik 10’daki 3f sorusunda buzun ısıtılarak gaz haline geçişi sırasında kütlelerinin arttığı ifade edilmiştir.

Etkinlik 3'teki 3. ve 6. sorulara verilen cevaplara dayanılarak, özkütle ve özağırlık formüllerinin öğrenilmediği görülmektedir. Her ne kadar Etkinlik 1'de “*Kütle ve yoğunluk birbiri ile ilişkilidir. $d=m/V$ dir.*” ifadesi kullanılsa da özkütle formüllerini içeren sorulara cevap verilememiştir. Aynı zamanda Etkinlik 8'deki +4 °C'deki suyun 0 °C'ye doğru soğutulduğunda ve Etkinlik 10'daki 0 °C'de m gram buzun tamamı eriyerek 0 °C'de su haline geçerken özkütle değişimleri yorumlanamamıştır.

Öğrencinin Etkinlik 6'daki kavram çarkında yazdığı “*Maddenin cinsi diğer maddelere göre daha yoğunsa zamanı etkiler*” ifadesinden özısı ile yoğunluk kavramlarının birbirine karıştırıldığı görülmektedir. Bu bulguya dayanarak, öğrencinin yeni karşılaştığı bir kavramı, zihninde mevcut çatı içerisinde var olan önceki kavram veya kavramlar şeklinde algılayarak kaydettiği yorumu yapılabilir.

Öğrenci, kaynamanın gerçekleşmesi için Ay'da Dünya'dakine benzer izole ve basınçlı bir ortamın yaratıldığını göz ardı ederek yerçekimi ivmesinin sıcaklık ve kaynama süresine etki ettiğini düşünmüştür. Etkinlik 9'daki Ay'da suyun kaynaması ile ilgili olan 2. soruda yerçekimi ivmesinin kaynama sıcaklığına etki ederek bu değerin 100/6 °C olduğu ve 6. soruda ise yer çekimi ivmesinin kaynama süresine etki ederek bu değerin 30/6dk olduğu iddia edilmiştir.

Öğrenci G için elde edilen bulgular ve yorumlar:

Öğrenci “*Özkütle, kütlenin hacme bölümüdür. Özkütleyi bulmak için kütleye ihtiyaç vardır*” ifadesini kullanmış ancak özkütle formülü öğrenci tarafından yazılamamıştır. Bu nedenle ilgilenilen süreç içerisinde özkütle formülünü kullanarak cevaba ulaşması gereken ısı ve sıcaklık konusu ile ilgili sorularda, öğrenci bu ifadeye sahip olmadığı için başarısız olmuş ancak bu kavram ile ilgili yorumları yapabilmıştır.

Uygulanan etkinlikler süresince sayısal değerlerin özkütle formülünde kullanılarak çözülmesi gereken problemleri öğrencinin çözemediği ancak özkütle

formülünü kullanarak yorum yapabildiği görülmektedir. Etkinliklerde sayısal değerlerin kullanılarak cevaplandırılması gereken problemler, sadece $d=m/V$ ifadesini kullanmaya yönelik olmayıp; birkaç basamağın bir arada düşünülerek çözülmesi gereken problemlerdir. Etkinlik 8’de öğrenci $Q=m.c.\Delta T$ ifadesine ait soruları cevaplandırabilirken Etkinlik 9’da ise $Q=m.c.\Delta T$ ifadesine ait soruları cevaplandıramaması öğrencinin tüm anlamalarının yok olduğu göstermektedir. Hem $Q=m.c.\Delta T$ ifadesinin hem de özkütle kavramının önce kullanılıp sonradan yok olması, öğrencinin kazandığı kavramların mevcut çatıda yer alan diğer kavramlar ile sağlam ilişkilerinin kurulamamasından dolayı bir süre sonra unutulduğunu göstermektedir. Öğrenci bu problemleri çözemiyor ancak $d=m/V$ ifadesini yorumlayabiliyor ise bu durum, öğrenci düşüncelerinin parçalı olduğuna ve bu parçalar arasında ilişkilerin kurulamadığına işaret eder.

Öğrencinin Etkinlik 6’da yazdığı “*Isı arttıkça madde cinsi değişir*” ve “*Madde cinsi zamana göre hareket eder*” cümlelerindeki “madde cinsinin değişmesi” ifadesinden öğrencinin “hal değişimini” anlatmak istediği görüşmelerden anlaşılmıştır.

Etkinlik 9’daki 2. soruda Ay’da kaynamanın gerçekleşmesi için dış basıncın sıvı buhar basıncına eşit olması ilkesi hatırlanarak, Ay’da kaynama sıcaklığını 100°C olarak ifade ederken, 6. soruda yerçekimi ivmesinin Ay’da azalması ile kaynamanın $30 \times 6 = 180$ dakikada gerçekleşeceği iddia edilmiştir. Suyun Ay’da ve Dünya’daki miktarı yani kütlesi değişmediği için kaynamanın gerçekleştiği 100°C ’ye ulaşmak için geçen sürenin de aynı olması yani 30 dk olması gerekir. Buradan, kaynama noktası ile kaynama noktasına ulaşmak için geçen süre arasındaki ilişkiyi öğrencinin göremediği sonucu çıkmaktadır. Öğrencinin vermiş olduğu 180 dakikada kaynar cevabı, öğrencinin mevcut çatısı ile de tutarlı değildir. Eğer öğrenci Etkinlik 3’teki 9. soruda kütlenin Ay’da azaldığı görüşünü burada da sürdürse idi 30/6 dakikada kaynar cevabını vermesi gerekirdi.

Öğrenci H için elde edilen bulgular ve yorumlar:

Etkinlik 1’de kütle çekim ivmesi ve ağırlık kavramları için “ $G=m.g$ şeklinde ağırlıkla ilişkili olup formülünde yer alır” ifadesi yazılsa da bu formül kullanılarak ağırlık değerinden $m=3\text{kg}$ şeklinde kütle değerine ulaşılamamıştır. Bunun yerine $G=m.g$ ifadesi kullanılarak $G=300$ alınmıştır. Etkinlik 9’daki 3. soruda, ağırlığı 30N olarak verilen bir maddenin kütlesinin $m=30\text{N}$ şeklinde ağırlığına eşit olarak alınmıştır. Bu durum, öğrencinin $G=m.g$ ifadesini bildiğini, ancak bu ifadedeki kütle ve ağırlık kavramlarını birimleri de dahil olmak üzere zaman içinde doğru öğrenmediğini ve bunları karıştırmaya devam ettiğini göstermektedir.

Etkinlik 9’daki kaynama kavramını ölçmeyi amaçlayan 6. soruda, Dünya’daki ortam Ay’da yaratıldığı için kaynamanın 30 dakikada gerçekleştiğinin ifade edilmesi yerçekimi ivmesinin zamana etki etmediğinin öğrenildiğini göstermektedir.

Etkinlik 9’daki 5. sorunun çözümünde öncelikle; kürenin hacim formülünden hacim değerinin bulunduğu ve bu değer öz kütle formülünde kullanılarak kütle kavramına ulaştıktan sonra kütle değerinin $Q=m.c.\Delta T$ ifadesinde kullanıldığı bir çözüm yolunun kullanılması gerekir. Bu sorunun çözümü, sırasıyla hacim, öz kütle ve $Q=m.c.\Delta T$ formüllerinin kullanılması şeklinde üç bölüme ayrılabilir. Bu sorunun bir benzeri olan Etkinlik 3’teki 3. soruya öğrencinin hiç cevap veremediği yani kürenin hacim ifadesini ve öz kütle formülünü yazamadığı görülmüştür. Geçen süreç içerisinde öğrenci hacim formülünü öğrense dahi öz kütle formülünü bilmediğinden kütle değerine ulaşamamış ve $Q=m.c.\Delta T$ ifadesinde kütle değerini kullanamadığından soruyu çözmemiştir.

Öğrenci I için elde edilen bulgular ve yorumlar:

Etkinlik 2’deki kavram sınıflandırmasında, maddenin ortak özellikleri sınıfına, “kütle, hacim ve eylemsizlik” kavramlarının yanı sıra “yoğunluk, basınç ve sıcaklık” kavramlarının da katılmasını öğrenci, yapılan görüşmede “Her maddenin yoğunluğu olduğu için bu ortak özelliktir. Basınç ve sıcaklık ise tüm maddelere etki edebilir. Bu

nedenle bunlar ortak özelliktir” ifadesi ile açıklanmıştır. Etkinlik 7’deki kavram sınıflandırmasında maddenin ortak özellikleri sınıfına “kütle ve özkütle” kavramlarının dahil edilmesi Etkinlik 2’de kurulan çatının kalıcılığını koruduğunu göstermektedir. Ayrıca Etkinlik 7’deki kavram sınıflandırmasında, sıcaklık sınıfına neden basınç kavramının dahil edildiği öğrenci görüşmesinde sorulduğu zaman, öğrenci basınç ve sıcaklığın maddelerin hacimlerini değiştirebileceğini söylemiştir. Öğrenci Etkinlik 3’te hacim değişimi için sıcaklık veya basıncın değiştirilmesi gerektiği görüşünü Etkinlik 7’ye taşımıştır. Basınç kavramı, sıcaklık kavramı ile hacmi değiştirebilme özelliği açısından ilişkilendirilmiştir.

Etkinlik 8 ve Etkinlik 9’daki problemlerin çözümlerinde öğrenci $Q=m.c.\Delta T$ ifadesini yazmış ancak bu ifade üzerinde sayısal değerleri kullanarak sonuca ulaşamamıştır. Etkinlik 8 ve Etkinlik 9’u oluşturan sorular, sadece basit düzeyde $Q=m.c.\Delta T$ ifadesini kullanarak çözülebilecek sorular değildir. $Q=m.c.\Delta T$ ifadesi ile birlikte kürenin hacim ifadesi, özkütle ve ağırlık gibi diğer kavramların da hatırlanarak kullanılması gerekir. Öğrenci bu etkinliklerde, kürenin hacim ifadesi, özkütle ve ağırlık gibi diğer kavramları etkin bir biçimde kullanamadığı için sadece $Q=m.c.\Delta T$ ifadesini yazıp sorunun çözümüne kendisini götürecek daha ileri seviyelere ulaşamamıştır. Bu durum, öğrencinin problemin çözümüne ulaşabilmek için kavramlar arasındaki ilişkileri kuramadığını ve basit düzeyde sadece ana çıkış noktalarını kullanabildiğini göstermektedir.

Etkinlik 9’daki 2. soruda öğrenci yükseklerle çıkıldıkça kaynama noktasının düşeceğinden Ay’da kaynamanın gerçekleşmeyeceğini düşünmüştür. Dünyadaki gibi basınçlı bir ortamın sağlandığını göz ardı etmiştir. 2. sorunun diğer bir benzeri olan 6. soruda ise Dünya’dakine benzer bir ortamın Ay’da yaratılması durumunda, kaynamanın gerçekleşeceğini iddia etmiştir. Bu sorunun cevabı için öğrencinin su $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ ’de kaynar demesi beklenebilir. Ancak öğrenci bir önceki soruda savunduğu kaynama noktasının düştüğü görüşünü burada da kullanmıştır. Kaynama süresinin kaynama noktasından etkilendiğini düşünerek, kaynama süresinin 6’da 1 oranında azalacağını düşünmüştür. Yani öğrenci, Ay’daki çekim ivmesinin kaynama süresine etki ettiğini iddia etmiştir.

Öğrenci J için elde edilen bulgular ve yorumlar:

Ağılık kavramının ve ağırlığın değişebileceği durumların öğrenilmemesinden dolayı bu kavramların yer aldığı ısı ve sıcaklık konusu ile ilgili soruların çözümlerinde öğrenci başarısız olmuştur. Etkinlik 1'den başlayan süreç içerisinde öğrencinin ağırlık ile yerçekimi ivmesi arasında " $G=m.g$ " ve "Ağırlık, kütle ile yerçekimi ivmesinin çarpımı ile bulunur" şeklinde hiçbir tanıımı yapamaması nedeniyle Etkinlik 9'daki 3. soruda öğrenci ağırlık değerini, yanlış bir düşünme yolu içinde bulmuştur. Öğrencinin bu soruda ağırlık değerini, yerçekimi ivmesi değerine bölerek kütle değerine ulaşması gerekir iken öğrenci, ağırlık değerinden yerçekimi ivmesi değerini çıkartarak kütle değerine ulaşmıştır.

Etkinlik 9'daki 2. soruda kaynamanın hangi durumda meydana geldiğine dayalı tanım hatırlanamayıp, kaynamanın yerçekimi kavramı ile ilişkisi kurulmuştur. Öğrenci görüşmesinde, Ay'da suyun neden kaynayamayacağı sorulduğunda "*Dünyadaki gibi basınçlı bir ortam hazırlansa dahi Ay'da yerçekimi olmadığı için su kaynayamaz*" cevabı alınmıştır. Yani öğrencinin Ay'da çekim ivmesinin olmadığına dair sahip olduğu görüş, bu soru için verilen cevaba etki etmiştir. Aynı etkinlikteki 6. soruda ise Ay'da çekim ivmesinin var olduğu ve zaman gibi soyut bir kavrama etki ettiği düşünülerek kaynama süresinin 30/6 dakika olduğu iddia edilmiştir. Yerçekimi ivmesinin farklı sorularda farklı değerlerde alınması, öğrencinin sahip olduğu bilgilerin birbirinden kopuk ve tutarsız olduğunu göstermektedir.

Etkinlik 3'teki 3. soruda kürenin hacim ifadesi yanlış yazılmış ve özkütle formülü kullanılarak kütle kavramı yardımıyla hacim değerine ulaşılamamıştır. Etkinlik 9'a gelindiğinde ise kürenin hacim ifadesinin de yazılamadığı görülmektedir. Bu durum, kürenin hacim ifadesi gibi matematiksel ifadelerin etkin bir biçimde soru içerisinde kullanılmadığı sürece unutulacağını göstermektedir.

Etkinlik 6'daki kavram çarkında, madde cinsi ile madde miktarı arasında yazılan "*Madde miktarı aynı olabilir ama madde cinsi aynı olamaz. Örneğin su ve zeytinyağı gibi*" ilişkisi özkütle kavramını öğrencinin yorumlayabildiğini

göstermektedir. Ancak “*Madde miktarı aynı, yoğunlukları farklı maddeler ısıtılırsa sıcaklık değişimi farklı olur. Biri daha çabuk ısınır. Örneğin yağ gibi*” ifadesi “özısı” ile “yoğunluk” kavramlarının karıştırıldığını göstermektedir.

Öğrenci K için elde edilen bulgular ve yorumlar:

Etkinlik 7’deki ısı ve sıcaklık ile ilgili kavram sınıflandırmasında “basınç” kavramı sıcaklık sınıfı içerisine dahil edilmesinin nedeni öğrenci görüşmesinde sorulduğunda; öğrenci, bu iki kavramın hacmi değiştirdiğini söylemiştir. Öğrencinin mevcut olan bilgisi, Etkinlik 7’de basınç ve sıcaklık anahtar kelimeleri ile çağrışım yaparak yeniden ortaya çıkmıştır.

Özısı ve ısı sığası kavramlarını içeren sorular doğru cevaplandırılmıştır. Ancak öğrencinin “özısı” kavramından anladığı “yoğunluk” kavramıdır. Etkinlik 6’daki kavram çarkında kullanılan “*Madde cinsine göre, sıcaklık fazla veya az değişiklik gösterir*” ifadesinde yer alan “madde cinsi”nin farklı olmasından öğrenci, maddelerin özısılarının farklı olmasını değil yoğunlukların farklı olmasını kastetmiştir. “*Maddelerin yoğunluğuna göre aynı dereceye gelmeleri farklı zaman dilimleri içinde olur*” ifadesi de öğrencinin “yoğunluk” ile “özısı” kavramlarını karıştırdığını göstermektedir. Öğrencinin mevcut çatısında yer alan “yoğunluk” kavramı, çatıya yeni gelen “özısı” kavramının öğrenilmesine etki etmiştir ve “özısı” kavramının, “yoğunluk” kavramı ile ilişkisi kurularak bu yönde algılama geliştirilmiştir.

Öğrenci Etkinlik 9’daki 6. soruda Dünya’dakine benzer ortam yaratıldığı için kaynamanın gerçekleşeceği düşünülmüştür. Yerçekimi ivmesinin verilen ısı değerine de etki ettiğini düşünerek ısı değeri ile kaynama süresi arasında bir ilişki kurmaya çalışmıştır.

Öğrenci L için elde edilen bulgular ve yorumlar:

Öğrencinin “kütle” ve “hacim” kavramlarını ilgilenilen süreç içerisinde tam ve doğru olarak öğrenememesinden ve bu iki kavramı karıştırmasından dolayı Etkinlik 8’deki 5. soruda $+4^{\circ}\text{C}$ ’deki suyun 0°C ’ye doğru soğutulduğu zaman kütlelerinin arttığı söylenmiştir. Öğrenci, $+4^{\circ}\text{C}$ ’deki suyun 0°C ’ye doğru soğuyunca hacimdeki artışı sanki kütledeki artış gibi algılamıştır.

Etkinlik 9’daki 2. soruda Ay’da kaynama olayının gerçekleşmeyeceği iddia edilmiştir. Bunun nedeni ise “Ay’da moleküller iyi sıkışmadığından kaynamaz” ifadesi ile açıklanmıştır. Aynı etkinlikteki 6. soruda Dünya’daki ortam sağlansa bile kaynama olmayacağı için kaynama dakikasının olmayacağı iddia edilmiştir. Öğrenci görüşmesinde öğrenciye “kaynama nedir?” sorusu yöneltildiğinde, öğrenciden cevap alınamamıştır. Bu durum, öğrencinin Ay’da izole bir ortamın yaratılması halinde dış basıncın sıvı buhar basıncına eşit hale geldiğinde kaynamanın gerçekleşeceğini öğrenmediğini gösterir.

3. 2. 2. İkinci Alt Problem:

Lise 1. sınıf öğrencilerinin, “ısı ve sıcaklık” konusu hakkında kavram geliştirme süreçlerinde, öğrenciler ısı ve sıcaklık kavramlarını alternatif çatılar içerisinde yerleştirme yapıyorlar mı?

Lise 1. sınıf öğrencilerinin “ısı ve sıcaklık” konusu hakkında kavram geliştirme süreçlerinde, öğrencilerin “madde ve özellikleri” konusuna ait mevcut çatıları içerisine “ısı ve sıcaklık” kavramlarını yerleştirme sonucunda oluşan yeni çatının, karşılaşılan yeni durumlara açıklama getirebilen alternatif bir çatı olup olmadığı Isı ve Sıcaklık ile İlgili Sorular-2’deki 5. soru ile tespit edilmeye çalışılmıştır. Bu sorunun içeriğinde yer alan ve kritik öneme sahip olan, $+4^{\circ}\text{C}$ ’deki suyun 0°C ’de su olacak şekilde soğutulması durumunda öğrencilerin, suyun hacim ve özkütle

değerlerindeki değişimleri için vermiş oldukları cevaplardan yararlanılarak alternatif çatılar tespit edilmiştir.

Aşağıda öğrencilere yöneltilen sorudan elde edilen verilere dayanarak, öğrencilerin “ısı ve sıcaklık” konusu hakkında kavram geliştirme süreçlerinde, “ısı ve sıcaklık” kavramlarını yerleştirdikleri alternatif çatılar öğrenciler bazında yorumlanmıştır.

Öğrenci A için elde edilen bulgular ve yorumlar:

Öğrenci görüşmesinde Etkinlik 8’deki 5. soru için öğrenci, suyun $+4^{\circ}\text{C}$ ’den 0°C ’deki su haline gelirken, su moleküllerinin paketlenerek birbirine yakın bir biçimde dizileceğini ve böylece hacmin azalacağını belirten bir açıklama yapmıştır. Öğrenci “*Yoğunluğun artması, kütlenin soğuduğunu gösterir*” ifadesini Etkinlik 1’de kullanmıştır. Öğrenci, “sıcaklık ve basınç” kavramlarını Etkinlik 2’de hacim değişimi ile doğru orantılı olanlar sınıfına dahil etmiştir. Öğrenci bu görüşü, Etkinlik 3’te de kullanarak hacim değişiminin sıcaklık değişimi ile gerçekleşeceğini; yani sıcaklık artınca hacmin artacağı, sıcaklık azalınca hacim azalacağı görüşüne dayalı bir çatı kurmuştur. Bu görüş çerçevesinde Etkinlik 8’deki 5. soru cevaplanmıştır. Aslında bu görüş diğer sıvılar için doğru iken su için bir istisna söz konusudur. Suyun $+4^{\circ}\text{C}$ ’den 0°C ’de su olacak şekilde sıcaklığı azaltıldıkça hacmi artar ve özkütlesi azalır. Öğrenci ise bir maddenin sıcaklığının azalmasına dayalı olarak özkütlenin artacağını iddia etmiştir. Öğrenci bu soruda; suyun hacmi azalınca $d=m/V$ ifadesinden özkütlesinin arttığını; suyun özkütlesi ile cismin özkütlesi arasındaki farktan dolayı, cismin su dışında kalarak yüzeceğini savunmuştur. Öğrencinin bu çerçevede vermiş olduğu cevap, öğrencinin kendine has oluşturduğu mantık temelleri içerisinde tutarlıdır. Öğrenci burada eski öğrenmelerine dayalı bir alternatif çatı geliştirmiş ve buna göre soruyu cevaplamıştır.

Öğrenci B için elde edilen bulgular ve yorumlar:

Etkinlik 8'deki 5. soruda öğrenci, suyun $+4^{\circ}\text{C}$ 'den 0°C 'ye doğru soğutulunca suyu oluşturan moleküllerin sıkışmasından dolayı yapının daha düzenli hale geleceğini, bundan dolayı da hacminin azaldığını iddia etmiştir. Moleküllerin düzenliliği ile hacim arasında bir ilişki kurulmuştur. Bu şekilde bir ilişki doğadaki sıvılar için geçerlidir. Ancak bu ilişki su için biraz farklıdır. $+4^{\circ}\text{C}$ 'den 0°C 'ye doğru soğutulan suyun hacmi diğer sıvıların hacminin aksine artar. Şöyle ki; su molekülleri düzenli hale geçerken hacimleri azalmak yerine artar. Öğrencinin görüşüne göre ise $d=m/V$ ifadesine göre hacim azalırsa özkütle artar. Öğrencinin ulaştığı bu görüş, kurulan alternatif çatının kendi temelleri içinde doğru olarak işlediğini göstermektedir.

Öğrenci C için elde edilen bulgular ve yorumlar:

Öğrenci Etkinlik 8'deki 5. soruda $+4^{\circ}\text{C}$ 'deki suyun hacminin en küçük değerde olduğu bilgisine sahiptir. Soru bu perspektiften çözülmüştür. Yani öğrenci “ $+4^{\circ}\text{C}$ 'deki su 0°C 'ye doğru soğutulursa hacmi artacağı için özkütlesi azalacaktır” görüşüne sahiptir. Bu nedenle öğrencinin bu aşamada kavramlar arasındaki ilişkilerin yanlış kurulduğu alternatif bir çatı geliştirmede gözlenmektedir. Ancak öğrencinin Etkinlik 8'de kurduğu doğru çatı, Etkinlik 10'da kaybolmuştur. Etkinlik 10'daki 5b sorusunda 0°C 'de m gram buzun tamamı eriyerek 0°C 'de su haline geçerken hacmin büyüdüğü, böylece özkütlenin küçüldüğü ifade edilmektedir. Etkinlik 8'de öğrencinin kurduğu çatı çerçevesinde verilecek cevabın ne olacağını inceleyelim. Öğrenci $+4^{\circ}\text{C}$ 'deki suyun hacminin en az olduğunu bildiğine göre, buz ısıtılırsa hacim azalır ve bunun sonucunda özkütlesi artar şeklinde cevap vermesi beklenebilirdi. Burada öğrencinin kurmuş olduğu alternatif çatı $+4^{\circ}\text{C}$ 'deki suyun hacminin en küçük olduğu bilgisini kullanmayarak, Etkinlik 3'teki ısıtılan maddelerin hacimlerinin arttığı görüşünü kullanmıştır. Etkinlik 3'e bakıldığında hacim değişiminin gerçekleşebilmesi için sıcaklık ve basınç değişiminin gerçekleşmesi gerektiği 2. ve 5. sorularda ifade edilmiş ve Etkinlik 4'te “Isı, sıcaklıkla doğru orantılıdır” görüşüne dayanılarak, bu yargı Etkinlik 10'da ısıtılan

maddenin hacmi artar şeklinde algılanarak Etkinlik 10'daki soru bu perspektiften cevaplanmıştır. Yani öğrencinin Etkinlik 8'de kurduğu çatı, Etkinlik 10'da kaybolmuş ve eskiden var olan çatı, daha baskın gelerek ortaya çıkmıştır.

Öğrenci D için elde edilen bulgular ve yorumlar:

Öğrenci Etkinlik 8'deki 5. sorunun cevabı için mantıklı temellere dayalı açıklamalar getirememiştir. Bu soruda cismin, su dolu kabın tabanına batması sonucunda, cisim ile su bir bütün gibi alınarak suyun yoğunluğunun arttığı ifade edilmektedir. Öğrenci bu soru için suyun $+4^{\circ}\text{C}$ 'den 0°C 'ye doğru soğutulmasında hacminin artacağını, böylece özkütlesinin azalacağını düşünmemiştir. Bu nedenle bu soruyu açıklamak için kullanılan alternatif çatı, ısı ve sıcaklık konusu perspektifinden geliştirilmemiştir.

Öğrenci E için elde edilen bulgular ve yorumlar:

Öğrencinin Etkinlik 8'deki 5. soruda, $+4^{\circ}\text{C}$ 'deki suyun 0°C 'ye doğru soğutulunca özkütlesinin azalacağına dair görüşü doğrudur. Ancak öğrenci özkütlenin azalacağı yönünde doğru görüşe sahip olsa da, bu görüşe ulaşmak için kullandığı çatı doğru bir biçimde işlememektedir. Çünkü öğrencinin savunduğu $+4^{\circ}\text{C}$ 'deki suyun 0°C 'ye doğru soğutulunca hacmin azalmasından dolayı özkütlenin azalacağını iddia etmesinin aksine, suyun hacminin artmasından dolayı özkütlesi azalır. Öğrencinin böyle bir yargıya sahip olmasının nedeni, suyun buz hale geçerken yoğunluğunun azalacağına dair kabul ettiği ezber bilgiye dayanır. Bu ezber bilgi nedeniyle öğrenci, Etkinlik 1'deki kavram çarkında “*Her maddenin ortak özelliği kütle ve hacimdir. Ayrıca $d=m/V$ ' dir*” diyebilmesine yani özkütle formülünü bilmesine rağmen $d=m/V$ 'yi yorumlayarak hacim değişiminin nasıl olması gerektiğine dair bilgiye ulaşamamıştır. Öğrencinin kabul ettiği hacmin azalması görüşü, öğrencinin Etkinlik 3'te ortaya koymadığı ancak daha sonradan öğrendiği “hacim değişimi için sıcaklık ve basınç değişiminin” gerektiğine dair oluşturduğu çatıya dayanır. Öğrenci bu görüşe dayanarak, suyun $+4^{\circ}\text{C}$ 'den 0°C 'ye doğru soğutulunca hacminin azalacağını düşünmektedir.

Öğrenci F için elde edilen bulgular ve yorumlar:

Öğrenci Etkinlik 8'deki 5. soruda “*Cisim ısıtılınca yüzeye çıkacağı için soğuyunca batar*” ifadesini vermiştir. Bu ifade sorunun cevabına götürecek olan izlenilmesi gereken çözüm yolu ile uyuşmayan bir ifade olduğu gibi aynı zamanda çok yüzeyseldir. Bu soruya verilen cevap ile kastedilenin ne olduğu sorulduğunda öğrenci mantıklı bir açıklama getirememiştir. Bu durum, öğrencinin bu cevabı mevcut çatısı içerisinde düşünüp yorumlamadan verdiğini gösterir.

Öğrenci G için elde edilen bulgular ve yorumlar:

Etkinlik 8'deki 5. soruda öğrenci $+4^{\circ}\text{C}$ 'deki suyun hacminin en küçük olduğu bilgisini kullanmamıştır. Bunun yerine öğrenci suyun $+4^{\circ}\text{C}$ 'deki suyun 0°C 'ye doğru soğutulması durumunda hacmin azalacağını, özkütlenin de $d=m/V$ ifadesinden hacim azalmasına dayalı olarak artacağını ifade etmektedir. Öğrencinin sahip olduğu bu alternatif çatı, kendi sınırları içerisinde tutarlıdır. Çünkü öğrenci, Etkinlik 3'te hacmin değişmesi için sıcaklığın değişmesi gerektiğine dair görüşünü içeren mevcut çatısını Etkinlik 8'de de kullanmıştır.

Öğrenci H için elde edilen bulgular ve yorumlar:

Öğrenci, Etkinlik 3'te sıcaklık değişiminin hacim değişimine neden olduğu görüşünü içeren bir çatı kurmuştur. Öğrenci bu mevcut çatısını Etkinlik 8'deki 5. soruda da kullanmıştır. Etkinlik 8'deki 5. soruda öğrenci $+4^{\circ}\text{C}$ 'deki suyun 0°C 'ye doğru soğutulması durumunda hacmin azalacağını, özkütlenin ise $d=m/V$ ifadesinden hacim azalmasına dayalı olarak artacağını ifade etmektedir. Bu soruda $+4^{\circ}\text{C}$ 'deki suyun hacminin en küçük olduğu bilgisini dikkate alınmamıştır. Öğrencinin ortaya koyduğu bu alternatif çatı, kendi sınırları içerisinde tutarlıdır.

Öğrenci I için elde edilen bulgular ve yorumlar:

Etkinlik 3'teki 2. ve 5. sorularda hacmin değişebilmesi için sıcaklığın değişmesinin gerektiği ifade edildiğinden su soğutulduğunda hacminin azalacağı ve $d=m/V$ ifadesinden de özkütlenin artacağı görüşüne ulaşılmıştır. Etkinlik 3'te kurulan bu çatı Etkinlik 8'de de kullanılmıştır. Etkinlik 8'de 5. soruda $+4^{\circ}\text{C}$ 'deki suyun 0°C 'ye doğru soğutulduğunda hacminin azalacağı, $d=m/V$ ifadesi gereğince özkütlesinin artacağı savunulmuştur. Etkinlik 8'de ifade edilen bu görüş, Etkinlik 3'te kurulan çatıya dayanmaktadır. Bu durum öğrencinin sahip olduğu çatının kendi sınırları içerisinde tutarlı bir biçimde işlediği göstermektedir.

Öğrenci J için elde edilen bulgular ve yorumlar:

Öğrenci Etkinlik 8'deki 5. soruda, X katı cismini içeren $+4^{\circ}\text{C}$ 'deki suyun 0°C 'ye doğru soğutulduğunda X katı cisminin kabın tabanına batmasını yapılan öğrenci görüşmesinde *“Su soğuyunca cismin kütlesi artacağından cisim tabana batar. Cismin yoğunluğu artacağına tam tersi azalır”* cevabını vererek açıklamıştır. Öğrencinin vermiş olduğu bu cevapta özkütle formülü, suyun $+4^{\circ}\text{C}$ 'deki hacminin en küçük değerde olduğu dikkate alınarak yorumlanmamıştır. Eğer öğrenci cismin kütlesinin artacağını iddia ediyorsa $d=m/V$ ifadesi gereğince cismin yoğunluğunun artması gerekir cevabını vermesi beklenebilir iken bunun tam tersi olarak öğrenci cismin yoğunluğunun azaldığını iddia etmiştir. Bu durum, özkütle ifadesinin öğrenci tarafından öğrenilmediğini ve bunun mantıklı olarak yorum yapmada kullanılmadığını gösterir. Yani öğrencinin yapmış olduğu açıklama hiçbir mantıklı temele sahip değildir.

Öğrenci K için elde edilen bulgular ve yorumlar:

Öğrenci hacmin sıcaklık ve basınç ile değişimi görüşünü 3. Etkinlikteki 2. ve 5. soruda ortaya koyamamış ancak öğrenci görüşmelerinde bu görüşü benimsemiştir. Öğrenci *“hacmin değişmesi için sıcaklık değişiminin gerçekleşmesi gerektiği”* ve bu görüşe dayanarak da *“sıcaklık azaltılırsa hacim azalır”* görüşüne sahiptir. Bu görüş

çerçevesinde Etkinlik 8'deki 5. soruda $+4^{\circ}\text{C}$ 'deki su 0°C 'ye doğru soğutulursa hacminin azalacağını iddia etmiş ve $d=m/V$ ifadesi gereğince suyun hacmi azalınca özkütlenin artacağı yorumuna ulaşmıştır. Bu durum öğrencinin geliştirdiği alternatif bir çatıdır ve öğrenciye göre de mantıklıdır. Ancak yoğunluğu artar diye ifade edilen su olmasına karşın “*Yoğunluğu artan cisim dibe çöker*” denilmiştir. Yani öğrencinin aynı soru içerisinde algısı farklı yöne kaymıştır. Suyu göre yoğunluğu artan cisim, dibe çöker şeklinde algılanmıştır.

Öğrenci L için elde edilen bulgular ve yorumlar:

Öğrencinin “kütle” ve “hacim” kavramlarını tam ve doğru olarak öğrenmediği ve süreç içerisinde de bu iki kavramı karıştırmaya devam ettiği gözlenmektedir. Etkinlik 8'deki 5. soruda $+4^{\circ}\text{C}$ 'deki suyun 0°C 'ye doğru soğutulduğu zaman kütlelerinin arttığı söylenmiştir. Öğrenci, $+4^{\circ}\text{C}$ 'deki suyun 0°C 'ye doğru soğuyunca hacimdeki artışı sanki kütledeki artış gibi algılamıştır. “Kütle” kelimesi ile hacim kastedildiği için de; $d=m/V$ ifadesinden özkütlenin azaldığı ifade edilmiştir. Su soğuyunca hacminin atması yönünde geliştirilen görüş öğrencinin doğru anlama gerçekleştirdiğini, yani $+4^{\circ}\text{C}$ 'de suyun en küçük hacme sahip olduğunu öğrenildiğini göstermektedir. Ancak bu görüşünü ifade etmek için kullandığı kavram ismi yanlıştır. Su soğutulunca hacminin azalacağı görüşünü içeren yani hacim değişiminin gerçekleşebilmesi için sıcaklığın değiştirilmesinin gerektiğini savunan herhangi bir çatı, Etkinlik 8'de kurulan yeni çatıya etki etmemiştir. Süreç içerisinde “hacmin sıcaklık ile değiştiği” görüşünü içeren bir çatının hiç kurulmaması Etkinlik 8'de kurulan yeni çatının özgün bir biçimde ortaya çıkmasına neden olmuştur.

3. 2. 3. Üçüncü Alt Problem:

Lise 1. sınıf öğrencilerinin, “ısı ve sıcaklık” konusu hakkında kavram geliştirme süreçlerinde, öğrencilerin kurmuş olduğu alternatif çatıların zaman içerisinde değişimleri nasıldır?

Lise 1. sınıf öğrencilerinin “ısı ve sıcaklık” konusu hakkında kavram geliştirme süreçlerinde, öğrencilerin “madde ve özellikleri” ve “ısı ve sıcaklık” konularının içine yerleştirildiği mevcut olan alternatif çatıların zaman içerisinde değişimlerinin nasıl olduğu Isı ve Sıcaklık ile İlgili Sorular-10’daki 4. ve 5. sorular ile tespit edilmeye çalışılmıştır. Bu sorunun içeriğinde yer alan, 0°C ’deki buzun 0°C ’de su olacak şekilde ısıtılması durumunda öğrencinin, hacim ve özkütle değerlerindeki değişimler için vermiş oldukları cevaplardan yararlanılarak alternatif çatıların değişimleri tespit edilmiştir.

Aşağıda, öğrencilere yöneltilen sorudan elde edilen verilere dayanarak “ısı ve sıcaklık” konusu hakkında kavram geliştirme süreçlerinde, öğrencilerin kurmuş olduğu alternatif çatıların zaman içerisinde değişimleri öğrenciler bazında yorumlanmıştır.

Öğrenci A için elde edilen bulgular ve yorumlar:

Etkinlik 2’de ve Etkinlik 3’te yazılan ifadelere bakıldığında öğrencinin, hacim değişimi için sıcaklık değişiminin gerektiği görüşünü öğrendiği görülmektedir. Bu görüşe göre geliştirilen çatı, Etkinlik 8’de de kullanılmıştır. Ancak 10. Etkinliğe gelindiğinde bu çatı, yeni durumu içine alacak biçimde genişletilmiştir. Etkinlik 10’daki 5b sorusu için 0°C ’de m gram buzun tamamı eriyerek 0°C ’de su haline geçerken hacmin azalacağı doğru cevap olsa da öğrenci, hacmin arttığını ifade etmiştir. Öğrenci, suyun erimesi sırasında sıcaklık değişiminin gözlenmemesinden dolayı hacim değişimini verilen ısının sağladığını savunmuştur. Isı ve sıcaklık arasındaki ilişki öğrenildikten sonra, sıcaklık değişiminin hacim değişimine neden olduğu görüşün yerine, maddeye ısı verilmesinin hacim değişimine neden olduğu görüşü kabul edilmiştir. Yani maddeye ısı verilince hacminin artacağı görüşü savunulmuştur. Öğrencinin kurmuş olduğu bu alternatif çatı, Etkinlik 8’de kurulan çatı ile tutarlıdır. Yeni kurulan çatı, Etkinlik 8’de mevcut olan çatının yeni kazanılan bilgiler doğrultusunda genişletilmesi ile elde edildiğinden bu yeni çatı, bir önceki çatı ile tutarlıdır.

10. Etkinliğin 5b şıkında 0°C 'de m gram buzun tamamı eriyerek 0°C 'de su haline geçerken hacim artar denilmesine karşın 5a şıkında “*özkütle her zaman aynı kalır*” ifadesi kullanılmıştır. Bu durum, öğrenci görüşleri arasında bir çelişkinin olduğunu göstermektedir. Hal değişimi açısından ele alındığında bu cevabın doğru kabul edilebilmesi için “hacmin değişmemesi gerekir” görüşünün kabul edilmesi gerekir. Öğrenci görüşmesinde özkütlenin nasıl sabit kaldığı sorulduğunda; öğrenci, özkütlenin ayırt edici bir özellik olmasından dolayı sabit kaldığını söylemiştir. Yukarıdaki ifade savunulmaya devam edilerek ve hacim değişimi için sıcaklık değişiminin gerektiği görüşü göz ardı edilerek, 3g şıkında da özkütlenin aynı kaldığı savunulmuştur. Öğrenci Etkinlik 8’de ve 10’da kullandığı “sıcaklık değişince hacim değişir” görüşünün içinde yer aldığı çatıyı hiç kullanmamış, ilk başta var olan “özkütlenin ayırt edici özellik olmasından dolayı maddeler için değişmeyeceği” görüşünün yer aldığı çatıyı kullanmıştır. Bu durum öğrencinin eş zamanlı olarak birden fazla alternatif çatıya sahip olabileceğini göstermektedir.

Öğrenci B için elde edilen bulgular ve yorumlar:

Etkinlik 8’de kurulan çatı, suyun $+4^{\circ}\text{C}$ 'den 0°C 'ye doğru soğutulunca hacminin azalacağı yani 0°C 'deki suyun $+4^{\circ}\text{C}$ 'ye doğru ısıtılınca hacminin artacağı görüşünü içermektedir. Öğrencinin kurmuş olduğu bu çatının Etkinlik 10’da 0°C 'de m gram buzun tamamı eriyerek 0°C 'de m gram su haline geçişi sırasında hacim değişimini içene alacak şekilde genişletilmiştir. Öğrenci, Etkinlik 10’da 0°C 'de m gram buzun tamamı eriyerek 0°C 'de m gram su haline gelirken su ısıtıldığı için hacmin arttığını iddia etmektedir. Bu görüşe dayanarak $d=m/V$ ifadesinden özkütlenin azalması gerekir. Ancak öğrencinin özkütlenin arttığını iddia etmesi bir çelişkinin var olduğunu gösterir. Bu çelişkinin nedeni, öğrencinin “suyun özkütlesinin buzun özkütlesinden büyüktür” şeklinde sahip olduğu ezbere dayalı bilgiden kaynaklanmaktadır. Eğer öğrenci bu ezber bilgiye sahip olmasaydı, $d=m/V$ ifadesinden özkütlenin nasıl değişmesi gerektiğini yorumlayabilirdi. Bu ezber bilgi öğrencinin kurmuş olduğu çatıya oturmamaktadır.

Öğrenci C için elde edilen bulgular ve yorumlar:

Etkinlik 8'deki 5. soruda öğrenci, suyun $+4^{\circ}\text{C}$ 'de hacminin en küçük değerde olduğunu bildiğinden ve $+4^{\circ}\text{C}$ 'deki suyun 0°C 'ye doğru soğutulduğunda hacminin artacağı için özkütlesinin azalacağı görüşüne sahip olduğundan dolayı bu aşamada kavramlar arası ilişkilerin yanlış olarak ifade edildiği alternatif bir çatı kurulmamıştır. Bu nedenle, ilgilenilen süreç içerisinde ikinci aşamada alternatif çatılar arasındaki etkileşim gözlenmemiştir.

Öğrenci D için elde edilen bulgular ve yorumlar:

Öğrencinin Etkinlik 8'de soruyu açıklamak için kurduğu mevcut alternatif çatısı, ısı ve sıcaklık konusu perspektifinden geliştirilmemiştir. Etkinlik 10'da kurulan çatı ise, ısı ve sıcaklık konusu perspektifinden geliştirilmiş ve $+4^{\circ}\text{C}$ 'deki suyun hacminin en az olması gerektiği görüşü üzerine inşa edilmiştir. Burada, öğrenci çatısının yeniden yapılandırıldığı görülmektedir. Yeni kurulan çatıda hacmin sıcaklık ile değiştiği görüşünün, kütle kavramına çevrilerek; maddeye ısı verildikçe kütlenin artacağı yönünde yanlış algılamının boyut değiştirdiği görülmektedir. Ayrıca öğrenci, başlangıçta Ay'da değişebileceğini düşündüğü kütle kavramının değişmesine ait görüşünün bulunduğu çatıyı genişleterek, ona dayalı özkütleyi de içine alan kendine göre mantıklı temeller üzerine dayandığı alternatif bir çatı kurmuştur. Bu çatının Etkinlik 10'daki 5. soruda şu şekilde işlediği görülür: Hacmin değişimi incelendiğinde, Etkinlik 10'daki 5b sorusunda, 0°C 'de m gram buzun tamamı eriyerek 0°C 'de su haline geçerken hacmin azaldığı iddia edilmiştir. Burada öğrenci bu cevabı verirken kullandığı temel görüş, $+4^{\circ}\text{C}$ 'deki suyun hacminin en az olmasıdır. Etkinlik 8'de kullanılmayan 0°C 'den $+4^{\circ}\text{C}$ 'ye doğru su ısıtılırsa suyun hacminin azalacağı bilgisi, öğrenci tarafından kazanılmıştır. Bu görüş Etkinlik 10'da birden ortaya çıkmıştır. Bu kurulan yeni çatıya, “hacim değişimi için sıcaklık değişiminin gerektiği” ve ısı ve sıcaklık kavramları öğrenildikten sonra “hacim değişimi için ısı transferinin gerektiği” şeklindeki öğrencinin mevcut çatılarının etki etmediği görülmektedir. Bu nedenle yeni kurulan çatı, suyun $+4^{\circ}\text{C}$ 'de hacminin en küçük olduğu dikkate alınarak özgün bir biçimde ortaya çıkmıştır. Buzdan su

oluşurken, özkütle değişimi incelendiğinde öğrencinin kurmuş olduğu çatının işleyişi çok daha belirgin bir biçimde karşımıza çıkmaktadır. Isı verildiğinde kütle artması ve hacmin azalmasından dolayı, $d=m/V$ özkütle ifadesinden, 0°C 'de m gram buzun tamamı eriyerek 0°C 'de su haline geçerken özkütle artar ifadesine öğrenci tarafından ulaşılmıştır. Bu ulaşılan görüş, sonuç itibarıyla doğru olsa da çatının işleyişi yani cevaba ulaşmak için kullanılan yol yanlıştır.

Öğrenci E için elde edilen bulgular ve yorumlar:

Öğrencinin Etkinlik 8'de kurduğu, $+4^{\circ}\text{C}$ 'deki suyun 0°C 'ye doğru soğutulunca hacmin azalmasından dolayı özkütlenin azalacağı görüşünü içine alan çatısı, hal değişiminde hacim ve özkütle değişimini de içine alacak biçimde geliştirilmiştir. Öğrenci $d=m/V$ ifadesini Etkinlik 8'de yorumlayamamıştır. Ancak Etkinlik 10'da $d=m/V$ ifadesini yorumlayarak 5b sorusunda 0°C 'de m gram buzun tamamı eriyerek 0°C 'de su haline geçerken hacim arttığı için özkütlenin azaldığı söylenilmiştir. Hacim değişimine bağlı olarak özkütle değişimi öğrencinin kendine göre oluşturduğu çatı içerisinde tutarlı biçimde açıklanabilmiştir. 0°C 'de m gram buzun tamamı eriyerek 0°C 'de su haline geçerken hacmin arttığı yönündeki öğrenci görüşünün temelinde, suya ısı verildiğinde sıcaklığının da değişeceği (Etkinlik 4'e bakılırsa “*ısı ve sıcaklık doğru orantılıdır*”, Etkinlik 5'te “*sıcaklık değişimi, ısı değişimi ile değişir*” ve Etkinlik 6'da “*Sıcaklık ısıya bağlı olarak değişir*” ifadesi kullanılmıştır) ve sıcaklık değişimi sonucunda da hacminin artacağı görüşü yer alır. Etkinlik 8'de kullanılan suyun buz hale geçerken yoğunluğunun azalacağına dair kabul ettiği ezber bilgi, Etkinlik 10'da kaybolmuştur. Etkinlik 8'de kurulan çatı, geliştirilerek Etkinlik 10'da da kullanılmıştır. Sıcaklık değişimi ve dolayısı ile ısı verilmesi ile hacim ve özkütlenin değişimine dair öğrencinin sahip olduğu görüşün; Etkinlik 3'te gözlenmediği, Etkinlik 8'de $d=m/V$ ifadesi ile tam olarak ifade edilmediği, Etkinlik 10'da ise tam olarak işleyen bir alternatif çatı olarak ortaya çıktığı görülmektedir.

Öğrenci F için elde edilen bulgular ve yorumlar:

Etkinlik 10'daki 4a sorusunda 0°C 'de m gram buzun tamamı eriyerek 0°C 'de su haline geçerken hacmin değişmediği, buna zıtlık oluşturacak biçimde 5b sorusunda ise hacmin değiştiği iddia edilmiştir. 0°C 'de m gram buzun tamamı eriyerek 0°C 'de su haline geçerken hacmin nasıl değiştiği öğrenci görüşmesinde sorulduğunda öğrenci, *“Suyun kaynamasında değiştiği gibi erirken de değişir”* cevabını vermiştir. Bu görüş, Etkinlik 3'e dayandırılarak, hacim değişimi için sıcaklık değişiminin gerekliliğini içine alan çatıya dayandırılmıştır. Etkinlik 6'da *“Isınınca sıcaklık değişir”* ifadesi kullanılmıştır. Etkinlik 4'e bakılırsa, ısı ve sıcaklığın doğru orantılı olduğu ve sıcaklık arttıkça ısının da arttığı iddia edilmiştir. Öğrenci bir maddeye ısı verildiğinde o maddenin sıcaklığının arttığını, buna bağlı olarak da hacminin arttığını iddia etmiştir. Yani öğrenci ısı ve sıcaklık kavramları ile karşılaşınca *“hacim değişimi için sıcaklık değişimi gerekir”* görüşünü içine alan çatısını, *“hacim değişimi için maddeye ısı verilmesi gerekir”* şeklinde genişletmiştir. Ancak öğrencinin kurmuş olduğu bu çatı yetersizdir. Çünkü her ısı verilisinde sıcaklık artışının olmayacağı, bu enerjinin moleküller arası bağı kırmak için kullanılacağı öğrenci tarafından öğrenilmemiştir. Kurulan bu çatı 0°C 'de m gram buzun tamamı eriyerek 0°C 'de su haline geçişi sırasındaki hacim değişiminde kullanılmıştır. Öğrenci, kurmuş olduğu çatısına suyun $+4^{\circ}\text{C}$ 'de en küçük hacim değerine sahip olduğu bilgisini yerleştirmemiştir.

Öğrenci G için elde edilen bulgular ve yorumlar:

Etkinlik 10'daki 5. soruda 0°C 'de m gram buzun tamamı eriyerek 0°C 'de su haline geçerken hacmin değişmediği ve kütleleri eşit olduğundan $d=m/V$ ifadesi kullanılarak özkütlenin de değişmeyeceği sonucuna ulaşılmıştır. Öğrenci görüşmesinde bu yargıya nasıl ulaştığı sorulduğunda, öğrenci *“Hacim değişimi için sıcaklığın değişmesi gerekir. Ancak burada sıcaklık değişmiyor. Bu nedenle hacim değişmez”* cevabını vermiştir. Öğrencinin ilk başta hacim değişimi için sıcaklık değişiminin gerekliliği görüşünü içeren çatısı, hal değişiminde hacim değişmez görüşünün gelişmesine etki etmiştir. Öğrencinin Etkinlik 8'de kullandığı çatısı hal

değişimindeki hacim değişimini içine alacak şekilde geliştirilmemiştir. Bu durum, öğrencinin sahip olduğu alternatif çatının basamak basamak zaman içerisinde geliştirilmediğini, ilk başta var olan çatıdan yararlanılarak birden fazla alternatif çatının geliştirilebildiğini gösterir. Ayrıca bu durum, öğrencinin eş zamanlı olarak birden fazla alternatif çatıya sahip olduğunun da bir göstergesidir.

Öğrenci H için elde edilen bulgular ve yorumlar:

Etkinlik 9'daki 4c sorusunda suyun buharlaşması ile hacminde meydana gelen değişiklik, "*Suyun hacmi ısı verildiğinde değişir*" şeklinde yorumlanmıştır. "*Suyun hacmi ısı verildiğinde değişir*" görüşü, Etkinlik 3'teki "*sıcaklık artınca hacim artar*" görüşü ve Etkinlik 4'teki "*Isı ve sıcaklık doğru orantılıdır*" görüşüne dayanarak geliştirilmiştir. Bu alternatif çatıya göre öğrenci, maddeye ısı verildiğinde her zaman hacminin artacağını savunmuştur. Bu görüş, her ne kadar erime sırasında sıcaklık sabit olsa da, Etkinlik 10'da 0°C 'de m gram buzun tamamı eriyerek 0°C 'de su haline geçişi sırasındaki hacim değişiminde de kullanılmıştır.

Öğrenci Etkinlik 10'daki 5b sorusunda 0°C 'de m gram buzun tamamı eriyerek 0°C 'de su haline geçişi sırasında hacmin değişeceği yönünde bir çatı geliştirmiş ise $d=m/V$ ifadesi gereğince özkütlenin de değişmesi yönünde anlama geliştirmesi gerekirdi. Oysaki öğrenci, 0°C 'de m gram buzun tamamı eriyerek 0°C 'de su haline geçerken özkütlenin değişmeyeceğini savunmuştur. Burada bir çelişki vardır. Geliştirilen çatı, mantıklı ve tutarlı olarak işlememektedir. Etkinlik 3'teki 2 ve 5. sorularda ve Etkinlik 8'deki 5. soruda, sıcaklık değişimi ile hacmin değişeceğine ve böylece özkütlenin değişeceğine dair öğrencinin mevcut çatısı, Etkinlik 10'da öğrenci tarafından kullanılmamıştır.

Öğrenci I için elde edilen bulgular ve yorumlar:

Etkinlik 3 ve Etkinlik 8'de hacmin değişmesi için sıcaklığın artması yada azalması gerektiğine dair öğrencinin sahip olduğu görüşün, Etkinlik 10'da farklılaştığı görülmektedir. Etkinlik 8'de $+4^{\circ}\text{C}$ 'deki suyun en küçük hacme sahip

olduğu görüşü dikkate alınmaz iken Etkinlik 10'da bu görüş ortaya çıkmıştır. Öğrenci, $+4^{\circ}\text{C}$ 'de su en küçük hacme sahip olduğundan dolayı, 0°C 'deki buz eritilip 0°C 'de su haline getirildiğinde hacminin azalması gerektiğini, buna dayalı olarak da $d=m/V$ ifadesinden özkütlenin artacağını ifade etmiştir. Öğrencinin açıklamış olduğu görüş kendi sınırları içinde doğru ve tutarlıdır. Öğrencinin hacim değişimi için sıcaklık değişiminin gerekli olduğu görüşünü içeren alternatif çatısı, Etkinlik 10'daki çatının ortaya çıkmasına etki etmemiştir. Bu nedenle yeni çatı suyun $+4^{\circ}\text{C}$ 'de en küçük hacminin en küçük değerde olmasından dolayı özgün bir biçimde ortaya çıkmıştır. Öğrencinin Etkinlik 8'de kurmuş olduğu su soğutulunca hacmi azalır ve özkütlesi artar görüşünü içeren alternatif çatısı, Etkinlik 10'da suyun $+4^{\circ}\text{C}$ 'de en küçük hacimli olması özelliğini içine alacak biçimde yeniden yapılandırılmıştır.

Öğrenci J için elde edilen bulgular ve yorumlar:

Öğrencinin Etkinlik 10'daki 4. ve 5. sorulara verdiği cevaplar incelendiğinde, 0°C 'de m gram buzun tamamı eriyerek 0°C 'de su haline geçerken kütlelerinin ve hacminin değişmediği iddia edildiği gözlenmiştir. Buna dayanarak $d=m/V$ ifadesi gereğince özkütlesinin de sabit kaldığı savunulmuştur. Etkinlik 8'de oluşturulan alternatif çatının öğrenci açısından mantıklı temellere dayanmamasından dolayı Etkinlik 10'daki 4. ve 5. sorular, bir önceki çatı perspektifinden cevaplanmamıştır. Öğrencinin savunduğu bu görüş, her ne kadar yanlış olsa da kendi mantık temelleri içerisinde tutarlıdır.

Öğrenci K için elde edilen bulgular ve yorumlar:

Etkinlik 8'deki 5. sorunun açıklanması için geliştirilen alternatif çatıda $+4^{\circ}\text{C}$ 'de suyun hacminin en küçük değerde olduğu bilinmemektedir. Ancak daha sonraki süreçte öğrencinin $+4^{\circ}\text{C}$ 'de suyun hacminin en az değerde olduğunu öğrendiği görülmektedir. Bu görüş çerçevesinde; öğrenci, Etkinlik 10'daki 5b sorusunda, 0°C 'de m gram buzun tamamı eriyerek 0°C 'de su haline geçerken hacmin azalacağı görüşünü kabul etmiştir. Bu sebeple, $d=m/V$ ifadesinden özkütlenin

artacağı görüşüne 5a sorusunda ulaşmıştır. Öğrencinin başlangıçta sahip olduğu alternatif çatı, çatıya gelen yeni bilgiler sayesinde değiştirilmiş yani mevcut çatı yeniden yapılandırılmıştır. Öğrenci, bu yeni çatısının sınırları içerisinde soruya doğru cevap vermiştir.

Öğrenci L için elde edilen bulgular ve yorumlar:

Öğrenci Etkinlik 8’de kurulan ve $+4^{\circ}\text{C}$ ’de suyun en küçük hacme sahip olduğu görüşünü içeren çatıya sahiptir. Bu çatı Etkinlik 10’daki 5b sorusunda da kullanılmaya devam edilmiştir. Bu çatı çerçevesinde 0°C ’de m gram buzun tamamı eriyerek 0°C ’de su haline geçerken yani erime sırasında hacmin azaldığı savunulmuştur. Öğrencinin ulaştığı sonuç kendi çatısı içinde tutarlıdır. Aynı tutarlılıkta hacim azalışı dikkate alınarak $d=m/V$ ifadesinden özkütlenin arttığı sonucuna ulaşmıştır. Etkinlik 8’de hacim kavramı kütle ile adlandırılırken; Etkinlik 10’da bu yanlış düzeltilmiş ve “kütle artışı”na dayalı ifadeden hiç bahsedilmeyip açıklamalar hacim kavramı üzerinden yapılmıştır. Bu durum kurulan yeni çatının, var olan bilgileri de içine alacak biçimde tutarlı olarak kullanıldığını ve mevcut çatıdaki yanlışlıkların yeni çatıda düzeltildiğini göstermektedir. Yani öğrenci, mevcut çatısında bir ayarlama yapmıştır.

3. 2. 4. Dördüncü Alt Problem:

Lise 1. sınıf öğrencilerinin, “ısı ve sıcaklık” konusu hakkında kavram geliştirme süreçlerinde, kavram kazanım süreçleri nasıldır?

Lise 1. sınıf öğrencilerinin “ısı ve sıcaklık” konusu hakkında kavram geliştirme süreçlerinde, “ısı ve sıcaklık” konusuna ait kavramların öğrenci tarafından nasıl ve sürecin hangi aşamasında öğrenildiği ve bu kavramların nasıl geliştirildiği yapılan Isı ve Sıcaklık ile İlgili Sorular, Isı ve Sıcaklık ile İlgili Kavram Çarkı, Isıtılan Bir Maddeye Verilen Enerji ile İlgili Kavram Çarkı, Isı ve Sıcaklık ile İlgili Kavram Sınıflandırması, Isı ve Sıcaklık ile İlgili Sorular-1, Isı ve Sıcaklık ile İlgili Sorular-2

ve Isı ve Sıcaklık ile İlgili Sorular-3'e ait etkinliklerden elde edilen verilere dayanılarak ortaya çıkartılmaya çalışılmıştır.

Aşağıda, öğrencilere uygulanan etkinliklerden elde edilen veriler içerisinde, bu alt problemin gözlemlendiği durumlar ortaya çıkartılarak “ısı ve sıcaklık” konusuna ait kavramların kazanım süreçleri öğrenciler bazında yorumlanmıştır.

Öğrenci A için elde edilen bulgular ve yorumlar:

Etkinlik 8 ve 9'da verilen cevaplara bakıldığında $Q=m.c.\Delta T$ ifadesinin etkili bir biçimde kullanılmadığı gözlenmektedir. Örnek olarak; öğrencinin Etkinlik 8'deki 2. soruya vermiş olduğu cevap, öğrenci görüşmesinde değerlendirilirken öğrenci, “*özisıları aynı olamayacağına göre, ısı sığaları farklı olabilir; bu nedenle kütleleri aynıdır*” ifadesini kullanmıştır. Bu yargıya $Q=m.c.\Delta T$ ifadesi yorumlanarak ulaşılmamıştır. Bu durum, öğrencinin ısı sığasının $m.c$ ile ifade edildiğini bilmediğini gösterir. Ancak Etkinlik 10'daki 4. soru incelendiğinde; öğrenci, 0°C 'de m gram su ile 0°C 'de m gram buzun kütlelerinin eşit ve özisılarının farklı olmasından dolayı ısı sığalarının farklı olduğu ifade etmiştir. Bu durum, öğrencinin başlangıçta sahip olmadığı ısı sığası kavramına ilerleyen zaman içerisinde sahip olduğunu göstermektedir. $Q=m.c.\Delta T$ ifadesini içeren problemlere doğru cevaplar verilemese de öğrencinin Etkinlik 6'daki kavram çarkında yazdığı ilişkilerde $Q=m.c.\Delta T$ ifadesine ait yorumları genel olarak yapılabildiği görülmektedir.

Etkinlik 10'da 4b şikkında, 0°C 'de m gram su ile 0°C 'de m gram buzun moleküller arası çekim kuvvetinin aynı olduğunun iddia edilmesine karşın; 4d ve 5c sorusunda potansiyel enerjinin farklı olduğu kabul görmüştür ve 2b, 3d ve 3i sorularındaki düzensizlik ile ilgili cevaplar doğru olarak verilmiştir. Hal değişimi sırasında moleküler arası çekim kuvveti ile potansiyel enerji ve düzensizlik arasında ilişkinin tam olarak öğrenilmediği gözlenmektedir. Ayrıca 4d ve 5c sorularına verilen cevaplardan erime sırasındaki sahip olunan potansiyel enerji bilinirken; 2a ve 3c sorularına verilen cevaplardan erime ile buharlaşma arasındaki potansiyel enerji

farklarının öğrenci tarafından cevaplanamadığı görülmektedir. Bu durum, öğrencinin bu kavramlar arasındaki ilişkileri tam olarak kuramadığını göstermektedir. Öğrencinin sahip olduğu bilgilerin, parçalı ve birbirini tamamlar nitelikte olmadığı söylenebilir.

Etkinlik 4'teki "ısı, bir termometredir" ifadesi ilerleyen süreç içerisinde Etkinlik 5'te "sıcaklığın birimi termometredir, termometre sıcaklıktır" şeklinde değiştirilmiştir. Kavram sınıflandırmasında termometre, ısı sınıfına dahil edilmeyip; sıcaklık sınıfına dahil edilmiştir. Bu gelişmelerden, her ne kadar termometre ile ilgili yazılan ifadeler yanlış olsa da, öğrencinin termometrenin ısı ile değil, sıcaklık ile ilgili bir kavram olduğunu öğrendiğini göstermektedir.

Öğrenci B için elde edilen bulgular ve yorumlar:

Etkinlik 8 ve Etkinlik 9 incelendiğinde, $Q=m.c.\Delta T$ ifadesinin genel olarak doğru kullanıldığı görülmektedir. $Q=m.c.\Delta T$ ifadesindeki kavramlar arasındaki ilişkileri ortaya çıkartmayı amaçlayan Etkinlik 6'daki kavram çarkında genel olarak ilişkiler doğru olarak ifade edilmiştir. Bu durum, $Q=m.c.\Delta T$ ifadesindeki her bir kavramın birbiri ile tutarlı bir biçimde kullanıldığını göstermektedir.

Etkinlik 8'deki 2. soruya doğru olarak cevap verilmemiştir. İki cisme eşit miktarda ısı verildiğinde, her ikisinin de sıcaklığının eşit miktarda arttırabilmek için *"Özısıları aynı olan maddelerin sıcaklık artışları aynı olur. Özısıların aynı olması aynı madde olduğunu gösterir"* ifadeleri kullanılarak maddelerin miktarları yani kütleler dikkate alınmamıştır. Dolayısıyla da ısı sığası kavramına ulaşamamıştır. Ancak Etkinlik 10'daki 4e sorusunda öğrenci, 0°C 'de m gram su ile 0°C 'de m gram buzun aynı madde olmalarına rağmen özısılarının farklı olduğunu bilmesinden ve kütlelerin eşit olmasından dolayı buz ve suyun ısı sığalarının farklı olduğu yargısına ulaşmıştır. Bu durum öğrencinin özısı ve ısı sığası kavramlarını zaman içinde öğrendiğini göstermektedir.

Öğrenci Etkinlik 4'te “Bir maddeye ısı verildiğinde moleküllerin hızı ve hareketliliği artar. Bu artış, sıcaklık olarak ölçülür. Sıcaklık, ısı enerjisinin şiddetidir” ve Etkinlik 5'teki kavram çarkında “sıcaklığın tanımında ortalama kinetik enerji vardır” şeklinde ifadeler kullanılmış ve Etkinlik 7'de kavram sınıflandırmasında ortalama kinetik enerji sıcaklık sınıfına dahil edilmiştir. Öğrencinin kurmuş olduğu bu ilişkiler, sıcaklık tanımının basit seviyede algılandığını ve “ısı ve sıcaklık” tanımını atomik veya moleküler temeller içinde derinlemesine düşünemediğini göstermektedir.

Etkinlik 5'teki kavram sınıflandırmasında mutlak sıfır kavramı için “Isının değeri her zaman mutlak sıfırdır” ve “Isı enerjisinin değeri mutlak sıfırdır” ifadesinin kullanıldığı ve Etkinlik 7'deki kavram sınıflandırmasında bu kavramın sıcaklık ve iki termometre arasındaki ortak bağıntı başlığı altına dahil edildiği gözlenmektedir. Öğrenci, görüşmelerde “mutlak sıfır nedir?” sorusuna açıklama yapamamıştır. Öğrenci tarafından “mutlak sıfır” kavramının diğer kavramlar ile daha nitelikli ilişkileri kurulsaydı bu kavram bir süre sonra unutulmazdı. Görüşmede Kelvin ölçeği, ipucu olarak verilince; öğrenci, mutlak sıfırın -273°C 'ye eşit olduğu söylemiş ancak yine de mutlak sıfır noktası ile enerji arasında bir bağlantı kurulamamıştır. Kelvin ölçeğinin ipucu olarak verilince; öğrencinin mutlak sıfırı hatırlaması, öğrencinin sahip olduğu kavramsal şemada bir kavramın diğer bir kavramı harekete geçirebileceğini göstermektedir.

Öğrenci C için elde edilen bulgular ve yorumlar:

Etkinlik 8 ve Etkinlik 9'da verilen cevaplara bakılarak $Q=m.c.\Delta T$ ifadesi ile ilgili kavramların tam ve doğru olarak öğrenildiği görülmektedir. İlgilenilen süreç içerisinde bu kavramlar tutarlı bir biçimde sorulara uygulanabilmiştir.

Öğrencinin Etkinlik 6'daki kavram çarkında yazdığı “Maddenin cinsi ısıya etki eder. Özkütlesi fazla olan çabuk ısınır”, “Maddenin cinsi farklı olursa yoğunluğun az olması nedeniyle ısınma süresi geç gerçekleşir ve zamanla ters orantılıdır” ifadeleri, özısı kavramı ile özkütle kavramlarının karıştırıldığını göstermektedir.

Öğrencinin mevcut çatısında yer alan “özkütle” kavramı, çatıya yeni gelen “özısı” kavramının öğrenilmesine etki etmiştir ve “özısı” kavramının, “özkütle” kavramı ile ilişkisi kurularak bu yönde algılama geliştirilmiştir.

Etkinlik 8’de “ısı sığası” ve “özısı” kavramları ve bunlar arasındaki ilişkinin öğrenci tarafından öğrenildiği ve doğru olarak kullanıldığı görülmektedir. Etkinlik 10’a gelindiğinde ise 4e sorusunda öğrenci su ve buzun özısılarının aynı olduğunu düşünerek, ısı sığalarının da aynı olduğu yargısına ulaşmıştır. Öğrenci görüşmesinde, bu durum sorulduğunda; *“ısı kapasitesinin maddelere göre değiştiği, su ve buzun ise her durumda aynı madde olduğu için ısı kapasitesinin aynı olması gerektiği”* ifade edilmiştir. Bu durum, öğrencinin “özısının ayırt edici bir özellik olmasından dolayı maddelere göre değiştiği görüşüne” ve “moleküler yapının buz ve su için aynı olmasından dolayı özısının değişmeyeceğine dair görüşe” sahip olduğunu gösterir. Etkinlik 10’da 0°C ’de m gram su ile 0°C ’de m gram buzun molekül sayısı ve moleküler yapısı açısından birbirinden farklı olduğunun ifade edilmesi öğrenci görüşlerinin parçalı oluşuna ve bunlar arasındaki tutarsızlığa işaret eder.

Öğrenci D için elde edilen bulgular ve yorumlar:

Etkinlikte 8’de ve Etkinlik 9’da genel olarak, $Q=m.c.\Delta T$ ifadesine ait soruları öğrenci başarılı bir biçimde cevaplandırmıştır. $Q=m.c.\Delta T$ ifadesini oluşturan tüm kavramlar birbiri ile tutarlı bir biçimde kullanılmıştır.

Öğrenci Etkinlik 3’te hacim değişiminin basınç ve sıcaklık ile değiştiğini söylemesine rağmen, Etkinlik 9’da odanın içine dolan su buharı molekülleri nedeni ile odanın hacminin arttığını iddia etmektedir.

Öğrenci E için elde edilen bulgular ve yorumlar:

Öğrencinin ısı ve sıcaklık kavramlarının tanımları için yaptığı açıklamalar yüzeysel ve basittir. Öğrenci, ortamın sıcaklığına bağlı olarak bir maddeyi oluşturan

moleküllerin hareketliliği ve böylece kinetik enerjilerindeki değişim ile bu moleküllerin termal enerjileri arasında moleküler boyutta daha ayrıntılı düşünmeyi gerektiren açıklamalar yapmamıştır.

Etkinlik 8 ve 9’da öğrencinin vermiş olduğu cevaplar incelendiğinde öğrencinin $Q=m.c.\Delta T$ ifadesinin kullanılmasına yönelik soruları genel olarak çözemediği ve bu sorular hakkında yorum yapamadığı görülmektedir. Etkin bir biçimde kullanılmayan $Q=m.c.\Delta T$ ifadesine ait öğrencinin bilgisi, Etkinlik 9’a gelindiğinde yok olmaya başlamıştır. Etkinlik 9’da 6. soruda $Q=m.c.\Delta T$ ifadesi yerine $Q=m.c$ ifadesinin kullanılması bunu kanıtlar niteliktedir. Bu durum, öğrencinin bu kavramlar arasındaki ilişkileri sağlam temellere dayandırarak öğrenmediğini, bu sebeple zaman içinde ezbere dayalı bilginin yok olduğunu gösterir.

Öğrenci F için elde edilen bulgular ve yorumlar:

Etkinlik 8’deki 2. soruda iki cisme eşit miktarda ısı verildiğinde, her ikisinin de sıcaklığını eşit miktarda arttırabilmek için, öğrenci *“Kütlesi ve ısı vericisi aynı ise sıcaklık değişimi aynı olur”* ifadesini yazmış ve buna göre kütle ve ısı sığası cevabını vermiştir. Yapılan öğrenci görüşmesinde öğrencinin vermiş olduğu ısı sığası cevabı ile ısı vericisini kastettiği yani Q değerini anlatmak istediği ortaya çıkmıştır. Isı sığası, öğrenci tarafından verilen ısı miktarı olarak algılanmıştır. Buna göre öğrenci, *“ Q ve m değeri aynı ise ΔT aynıdır”* yargısına ulaşmış ve özısı kavramını hiç düşünmemiştir. Öğrencinin vermiş olduğu bu cevap, aynı cins maddeler için doğrudur. Ancak bu soruda madde cinsleri ve kütlelerin eşit olup olmadığı belirtilmediği için öğrencinin $m.c$ değerine yani ısı sığası değerine ulaşması gerekirdi. Buradan öğrencinin ısı sığasının mc ’ye eşit olduğunu bilmediği görülmektedir. Öğrencinin, ısı sığasının mc ’ye eşit olduğunu bilmemesinden dolayı Etkinlik 10’daki 4e sorusunda 0°C ’de m gram su ile 0°C ’de m gram buzun özısıların farklılığından ısı sığalarının da farklı olacağı görüşüne ulaşamamıştır. Geçen süreç içerisinde öğrenci ısı sığası kavramını kazanamamıştır.

Öğrencinin $Q=m.c.\Delta T$ ifadesi üzerinde sayısal değerleri yerleştirerek soruların cevabına ulaşamadığı görülmektedir. Bu ifadeyi, $Q.m.c= \Delta T$ şeklinde yanlış hatırladığı da gözlenmiştir. Bu ifadedeki kavramlar arasındaki ilişkilerin öğrenci tarafından nasıl kurulduğunu araştırmak için geliştirilen Isıtılan Maddeye Verilen Enerji ile İlgili Kavram Çarkında kavramlar arasındaki ilişkileri öğrencinin basit düzeyde algıladığı gözlenmiştir. Öğrencinin yazmış olduğu “Isı, maddenin cinsine göre hareket eder”, “Isınınca sıcaklık değişir”, “Isınmada zaman önemlidir”, “Madde miktarına göre enerji azalır veya artar”, “Sıcaklığın değişmesi, maddenin cinsine bağlıdır” ve “Madde miktarı çok olursa ısınma süresi artar” şeklindeki ifadeler bunu kanıtlar niteliktedir. Bununla birlikte öğrenci “Bir madde ısıtıldığında, maddenin cinsi ve miktarı, son sıcaklığı bulurken önemlidir” şeklinde tam bir ifade de verebilmiştir.

Öğrenci, ısı ve sıcaklık birimleri için Etkinlik 4’te “Sıcaklık birimi joule, ısı birimi kaloridir”; Etkinlik 5’te “Kalori, ısı ölçme birimidir” ve “Joule, sıcaklık ölçme birimidir” şeklinde yanlış ifadeler yazmıştır. Etkinlik 7’deki kavram sınıflandırmasında joule ve kalori, ısı sınıfına dahil edilmesi doğru öğrenmenin gerçekleştiğini göstermektedir.

Öğrenci G için elde edilen bulgular ve yorumlar:

Etkinlik 8’de öğrenci $Q=m.c.\Delta T$ ifadesine ait soruları cevaplandırmış ancak Etkinlik 9’da ise $Q=m.c.\Delta T$ ifadesine ait soruları cevaplandıramamıştır. Öğrencinin tüm anlamalarının yok olduğu gözlenmektedir. Hem $Q=m.c.\Delta T$ ifadesinin önce kullanılıp sonradan yok olması, öğrencinin kazandığı kavramların mevcut çatıda yer alan diğer kavramlar ile sağlam ilişkilerinin kurulamamasından dolayı bir süre sonra unutulduğunu göstermektedir.

Etkinlik 8’deki 2. soruda öğrenci iki cisme eşit miktarda ısı verildiğinde, her ikisinin de sıcaklığının eşit miktarda artabilmesi için bu cisimlerin kütlelerinin ve özısılarının eşit olması gerektiği cevabını vermiş ancak bunların çarpımı olan ısı sıgası cevabını vermemiştir. Öğrencinin vermiş olduğu bu cevap doğrudur. Ancak bu

durum, öğrencinin kütle ile özısının çarpımının ısı sığasına eşit olduğunu bilmediğini gösterir. Etkinlik 10’da da öğrenci, su ve buzun özısılarının farklı olmasından dolayı ısı sığalarının farklı olacağı yargısına ulaşamamıştır. Yani incelenilen süreç içerisinde öğrenci, ısı sığası kavramını kazanamamıştır.

Öğrenci H için elde edilen bulgular ve yorumlar:

Etkinlik 8 ve Etkinlik 9’a bakıldığında, $Q=m.c.\Delta T$ ifadesine ait öğrenmelerin öğrenci tarafından kazanıldığı ve ilgilenilen süreç içerisinde soruların çözümünde genel olarak bu ifadenin kullanıldığı görülmektedir.

Etkinlik 9’daki kaynama kavramını ölçmeyi amaçlayan 6. soruda Dünya’daki gibi basınçlı bir ortamın Ay’da yaratılması durumunda kaynamanın 30 dakikada gerçekleştiği ifade edilmiştir. Yerçekiminin zamana etki etmediği öğrenilmiştir. Aynı etkinlikteki 2. soruda ise Dünyadaki basınçlı ortamın Ay’da sağlandığının soru cümlesi içinde yer alması göz ardı edilerek “*Ayda atmosfer ve molekül olmadığı için kaynamaz*” ifadesi kullanılmıştır. Her ne kadar öğrenci soruyu yanlış algılasa da bu durum, öğrencinin “kaynamanın sıvı buhar basıncının dış basınca eşit olduğunda gerçekleştiğini” öğrendiğini gösterir.

Öğrenci I için elde edilen bulgular ve yorumlar:

Etkinlik 8 ve Etkinlik 9’daki problemlerin çözümlerinde öğrenci $Q=m.c.\Delta T$ ifadesini yazmış ancak bu ifade üzerinde sayısal değerleri kullanarak sonuca ulaşamamıştır. Etkinlik 8 ve Etkinlik 9’u oluşturan sorular, $Q=m.c.\Delta T$ ifadesi ile birlikte kürenin hacim ifadesi, özkütle ve ağırlık gibi diğer kavramların da kullanılmasını gerektirdiğinden kavramlar arası ilişkilerin basit düzeyde algılandığı sorular değildir. Öğrenci bu etkinliklerde sadece $Q=m.c.\Delta T$ ifadesini yazıp sorunun çözümüne kendisini götürecek daha ileri seviyelere ulaşamamıştır. Bu durum, öğrencinin problemin çözümüne ulaşabilmek için kavramlar arasındaki ilişkileri kuramadığını ve basit düzeyde sadece ana çıkış noktalarını kullanabildiğini gösterir. Etkinlik 8’de 2. soruda iki cisme eşit miktarda ısı verildiğinde her ikisinin de

sıcaklığının eşit miktarda artması, bu iki cismin ısı sığalarının eşitliği ile mümkündür. Bu soruya öğrencinin verdiği cevapta, öğrencinin ısı sığasının $m.c$ 'ye eşit olduğunu bildiği görülmektedir. Ancak öğrenci soruyu $Q=m.c.\Delta T$ ifadesini yorumlayarak sonuca ulaşmadığı için yanlış cevap vermiştir. Öğrenci, her maddenin özısının farklı olmasından dolayı bunların eşit olamayacağını ve kütlenin ortak özellik olmasından dolayı bunların eşit olacağını dikkate alınarak; ısı sığası= $m.c$ ifadesini yorumlayarak ısı sığalarının da farklı olacağı sonucuna ulaşmıştır. Öğrenci, mevcut çatısında yer alan Etkinlik 2 ve Etkinlik 7'deki kavram sınıflandırmasına gözlenebilen, "maddelerin ortak özelliklerinden birisi de kütle" bilgisine dayanarak madde miktarlarının eşit olması gerektiği yargısına ulaşmıştır. Mevcut çatıda bulunan bilgi, öğrencinin ısı sığalarının eşitliği sonucuna ulaşmasını engellemiştir.

Öğrenci J için elde edilen bulgular ve yorumlar:

Etkinlik 8'de 2. soruda öğrencinin vermiş olduğu cevap yanlış gibi görünse de öğrenci görüşmesinde getirdiği açıklama onun özısı ve ısı sığası kavramlarını öğrendiğini gösterir. Bu soru için öğrenci şu açıklamayı yapmıştır: "*Özısı ve ısı sığası aynıdır. Çünkü bunların kütleleri aynı olmayabilir. Kütle hakkında bir şey verilmemiş. Eğer kütleleri farklı ise ısı sığaları aynıdır. Ancak kütleleri aynı ise özısı aynıdır*". Bu bağlamda aynı etkinlikteki 4. soru da doğru cevaplanmıştır. Etkinlik 10'daki 4e şikkında m gram buz ve m gram suyun özısılarının aynı olduğu düşünülerek, ısı sığalarının aynı olduğu savunulmuştur. Öğrenci görüşmesinde neden buz ve suyun özısılarının aynı olduğu sorulduğunda öğrencinin, su ve buzun aynı madde olduğundan dolayı özısılarının aynı olması gerektiği yargısına sahip olduğu görülmektedir. Öğrencinin vermiş olduğu bu cevap mevcut alternatif çatısı ile uyum içindedir. Yani öğrencinin mevcut çatısı düzgün bir biçimde işlemektedir. Şöyle ki; öğrenci, 0°C 'de m gram su ile 0°C 'de m gram buzun kütleleri ve hacimlerinin eşitliğinden bunların özkütlelerinin eşit olduğu yargısına ulaşmıştır. Özısı ve özkütlenin karıştırılmasından dolayı da bunların özısılarının aynı olacağı yargısına ulaşmıştır.

Öğrencinin Etkinlik 8’de $Q=m.c.\Delta T$ ifadesini problem çözümlerinde kullanarak cevaba ulaşabildiği ve bu ifade üzerinde çeşitli yorumlar yapabildiği görülmektedir. Ancak öğrencinin, Etkinlik 9’da $Q=m.c.\Delta T$ ifadesini yanlış kullandığı ve bu ifadeyi kullanarak problemlerin çözümlerine ulaşamadığı görülmektedir. Etkinlik 9’da, bu formülün kullanarak çözülmesi gereken problemler genel olarak, diğer etkinliklerdeki problemlere göre daha üst seviyelerde kavramlar arasında ilişkiler kurmayı gerektirir. Bu etkinlikteki problemlerin çözülebilmesi için hem madde ve özellikleri konusundaki kavramların çok iyi bilinmesi hem de ısı ve sıcaklık konusunun çok iyi öğrenilmesi gerekmektedir. Öğrenci Etkinlik 9’daki gibi kavramlar arası ilişkilerin çok iyi bilinmesini gerektiren böyle karmaşık problemler ile karşılaştığında kendisini çözüme götürecek yollar üretememiştir. Öğrenci kendisini doğrudan sorunun çözümüne götürecek basit düzeydeki çözüm yollarını tanımlayabilmiştir.

Etkinlik 9’daki 4. soruda kaynama sonunda buharlaşma ve hacim kavramları için öğrencinin vermiş olduğu “*Moleküller kaybolmuştur*” ve “*Su molekülleri enerjisini kaybettiği için yarıya iner*” cevapları ilgi çekicidir. Etkinlik 10’daki 3h sorusunda ısı alan su moleküllerinin kimyasal yapısının bozulduğu ve 4c sorusunda ise 0°C ’de m gram su ile 0°C ’de m gram buzun molekül sayılarının farklı olduğu iddia edilmiştir. Buz ve suyun kütleleri ile hacimlerinin aynı olduğunun ancak molekül sayılarının ve moleküllerin kimyasal yapılarının farklı olduğunun düşünülmesi mevcut çatıda bir tutarsızlığın olduğuna işaret etmektedir.

Etkinlik 10’daki 2. soruya mantıklı cevaplar verilememiştir. Dolayısıyla, 5c ve 4d sorularında 0°C ’de m gram su ile 0°C ’de m gram buzun potansiyel enerjilerinin aynı olduğu iddia edilmiştir. 1. soruda ise moleküller arası çekim kuvveti ile uçuculuk arasında ilişki kurulamamıştır. 3e sorusunda açık sistemde ısıtılan suyun hacminin arttığı söylenmesine rağmen 3i sorusunda maddeyi oluşturan moleküllerin çeşitli fazlarındaki moleküller arası uzaklığının aynı olduğu iddia edilmiştir. Bu durum, bir maddeye ısı verildiği zaman bu maddeyi oluşturan moleküllerin konumlarının ve bu moleküller arasındaki bağların sahip oldukları enerjilerin nasıl olduğu öğrenci tarafından sağlam temeller içinde öğrenilmediğini gösterir. Öğrenci,

kavram kazanım seviyelerinin en üst seviyesi olan moleküler boyutta açıklamalar getirmede yetersiz kalmıştır.

Öğrenci K için elde edilen bulgular ve yorumlar:

Öğrenci Etkinlik 8’de 5. soruda kurduğu çatıyı Etkinlik 9’da da kullanmıştır ve 4c sorusunda “*Suyun hacmi ısıtılınca artar*” denilmiştir. Bu soru için verilen cevap doğru olmasına karşın, her zaman bu görüşün geçerli değildir. Etkinlik 9’daki 4c sorusunda “*Su ısıtılınca hacmi artar*” denilmesine karşın, Etkinlik 10’daki 3e sorusunda buz, buz + su, su, su + buhar, buhar fazları doğrultusunda hacmin artmadığı iddia edilmiştir. Bu görüşe zıtlık oluşturacak bir biçimde, 3g sorusunda ise suyun buzdan buhar olana kadarki fazlarda özkütlesinin sabit olmadığı iddia edilmiştir. Eğer 3e sorusunda verilen hacim değişmemiştir görüşü kabul edilmiş ise özkütlenin de değişmemesi görüşünün benimsenmesi gerekirdi. Bu durum öğrencinin, bilgilerini tutarlı bir biçimde yorumlayamadığını göstermektedir.

Öğrencinin Etkinlik 10’daki 2a ve 3c sorularına vermiş olduğu cevaplardan, öğrencide moleküllerin sahip olduğu potansiyel enerji kavramının tam olarak oturmadığı gözlenmektedir. Öyle ki 2a sorusuna doğru cevap yazılırken, 3c sorusu doğru olarak cevaplanamamıştır. 4d sorusunda ise 0°C ’de m gram su ile 0°C ’de m gram buzun potansiyel enerjinin aynı olduğu iddia edilmiştir. Etkinlik 10’da 4. soru içinde 0°C ’deki su ve buzun özellikleri sorulurken, su ve buzun eşit kütleli olduğu soru içerisinde belirtilmesine rağmen 4f şıkında hal değişiminde kütlelerin de değiştiği savunulmuştur. Öğrencinin vermiş olduğu bu cevaplara bakılarak, öğrenci görüşlerinin parçalı ve birbirinden tutarsız bir görünüm sergilediği yorumu yapılabilir.

Öğrenci L için elde edilen bulgular ve yorumlar:

Öğrencinin Etkinlik 5’te “*Isı, kalorimetre kabı ile ölçülür*”, “*Sıcaklık, termometre ile ölçülür*”, “*Isı birimi, joule’dür*” ve “*Isı birimi, kalori’dür*” ifadelerini yazmasına rağmen Etkinlik 7’de sıcaklık ölçme aletleri sınıfına “kalorimetre kabı ve

termometre”, ısı ve sıcaklık birimleri sınıfına “joule ve kalori” kavramlarını dahil etmesi öğrencinin bilgilerinin yok olduğunu ve ısı ve sıcaklık kavramlarının birbirine karıştırıldığını göstermektedir.

Etkinlik 6’da öğrenci, ısı sığasını anlatan “*Sıcaklık değişimi, madde cinsine göre her zaman aynı olmayabilir. Çünkü kütleleri ve cisim aynı olmayabilir*” ifadesini kullanmıştır. Bu görüş öğrencide mevcut olmaya devam etseydi, Etkinlik 8’deki 2. soruda, iki cisim eşit miktarda ısı verildiğinde, her ikisinin de sıcaklığını eşit miktarda arttırmak için cisimlerin kütleleri ile beraber özısılarının da farklı olabileceğinin düşünülmesi gerekirdi. Halbuki öğrenci bu cisimlerin özısıları ile ısı sığalarının eşit olduğunu iddia etmiştir. Öğrenci görüşmesinde bu duruma açıklık getirilmesi istenildiğinde, öğrenci “*kütleleri hakkında bir şey verilmediği için kütleleri aynı olmayabilir. Ancak ısı ile özısı doğru orantılıdır*” yorumunu yapmıştır. Burada $Q=m.c.\Delta T$ ifadesinin yorumlanarak bu sonuca ulaşılmadığı görülmektedir. Öğrencinin başlangıçtaki doğru olan görüşü, zaman içerisinde yok olmuştur. Etkinlik 10’da 3h sorusunda hal değişiminde moleküler yapının bozulduğu iddia edilmiştir. Bunun nedeni öğrenciye sorulduğu zaman “*su ve buzun özısılarının aynı olmamasından dolayı bunlar farklı maddedir*” cevabı verilmiştir.

Etkinlik 5’e öğrencinin yazdığı “*Sıcaklık değişimi, her zaman ısı alışverişi ile olur*” ve “*Alınan ısı, verilen ısıya her zaman eşittir*” ifadeleri Etkinlik 8’de 4. soruda, termal temasta bulunan cisimlerin ısı değişimlerinin ve son sıcaklıklarının eşit olduğu yargısına ulaşmasında temel teşkil etmiştir. Öğrencinin Etkinlik 8’deki 4. sorunun yan tarafına yapmış olduğu “*Isı alışverişi ile denge olunca, son sıcaklıklar aynıdır*” ifadesi de öğrencinin bu öğrenmeye sahip olduğunu doğrular niteliktedir.

3. 2. 5. Beşinci Alt Problem:

Lise 1. sınıf öğrencilerinin, “ısı ve sıcaklık” konusu hakkında kavram geliştirme süreçlerinde, öğrencilerin kavram yanılgıları var mıdır?

Lise 1. sınıf öğrencilerinin “ısı ve sıcaklık” konusu hakkında kavram geliştirme süreçlerinde, “ısı ve sıcaklık” konuları hakkında öğrencilerin sahip oldukları kavram yanılgıları Isı ve Sıcaklık ile İlgili Sorular, Isı ve Sıcaklık ile İlgili Kavram Çarkı, Isıtılan Bir Maddeye Verilen Enerji ile İlgili Kavram Çarkı, Isı ve Sıcaklık ile İlgili Kavram Sınıflandırması, Isı ve Sıcaklık ile İlgili Sorular-1, Isı ve Sıcaklık ile İlgili Sorular-2 ve Isı ve Sıcaklık ile İlgili Sorular-3’e ait etkinliklerden elde edilen verilere dayanılarak ortaya çıkartılmaya çalışılmıştır.

Aşağıda, öğrencilere uygulanan etkinliklerden elde edilen veriler içerisinde, bu alt problemin gözlemlendiği durumlar ortaya çıkartılarak “ısı ve sıcaklık” konularına ait kavram yanılgıları öğrenciler bazında yorumlanmıştır.

Öğrenci A için elde edilen bulgular ve yorumlar:

Etkinlik 4’te yazılan ifadeler öğrencinin ısı ve sıcaklık kavramlarını karıştırdığını göstermektedir. “Isı, bir enerji birimidir. Isı, bir maddenin sıcaklığına denir. Isı, bir maddenin kendi sıcaklığıdır” “Isı, sıcaklıkla doğru orantılıdır. Bir cismin sıcaklığı diğer cisme göre yüksek ise; ısı da yüksektir” ifadeleri ısı ve sıcaklık arasındaki ilişkinin tam olarak öğrenilmediğine işaret etmektedir.

Isı transferinin neden gerçekleştiği öğrenci tarafından öğrenilmemiştir. Öğrencinin yazdığı “Isı transferi, bir maddeden diğerine ısı karışmasıdır yani ısının aktarılmasıdır”, “Isı alışverişi, sıcaklığın ve ısının dengelenmesidir” ve “Sıcaklık dengelendikten sonra sıcaklığın farklılaşmasıdır” ifadeleri, temas ettirilen maddeler arasındaki sıcaklık farkından dolayı bu sıcaklık farkını azaltacak şekilde ısı enerjisinin transfer edildiğinin bilinmediğini gösterir.

Sıcaklık, ortalama kinetik enerji; ısı ise toplam kinetik enerji şeklinde algılanmıştır. Isı ve sıcaklık kavramlarının maddeyi oluşturan moleküllerin sahip oldukları kinetik enerjiler açısından nitelikli açıklamaları yapılamamıştır.

Öğrenci B için elde edilen bulgular ve yorumlar:

Isı ve sıcaklık kavramları ile ilgili olarak öğrencinin vermiş olduğu ifadeler her ne kadar basit düzeyde olsa da bu ifadelerin genel olarak doğru olduğu görülmektedir. Sıcaklık, ısı enerjisinin şiddeti şeklinde algılanmıştır.

“Isı alışverişi, maddenin ısisına bağlıdır”, “Maddenin ısınması kütleye bağlıdır”, “Isı, enerji olduğundan ısı enerjisi alış verişi olur” şeklindeki ifadelerden sıcaklık farkı ve ısı alışverişi kavramları arasındaki ilişkinin sağlam bir biçimde öğrenilmediği gözlenmektedir. *“Sıcaklıkları farklı iki madde temas ettirildiğinde gerçekleşen ısı alışverişinde sıcaklık farkı ortadan kalkana kadar ısı transfer edilir”* şeklinde daha üst düzey ilişkiler kurulamamıştır. Bunun yerine öğrencinin kavram çarkında kurmuş olduğu ifadeler daha basit düzeydedir.

Öğrenci C için elde edilen bulgular ve yorumlar:

Öğrencinin yazdığı *“Isı transferi, ısisı yüksek olan bir maddeden düşük olana ısı aktarılması olur”, “Sıcaklık, bir maddenin diğer maddeye sıcaklığı verirken oluşan ısı alışverişidir”* ve *“Bir maddenin diğer maddeye sıcaklığının aktarılması ile ısı transferi oluşur”* ifadeleri, cisimler arasındaki sıcaklık farkından dolayı sıcaklık farkını azaltacak yönde ısı alışverişinin gerçekleştiğinin öğrenci tarafından öğrenilmediğini göstermektedir. Isı alışverişini içeren Etkinlik 8, Etkinlik 9 ve Etkinlik 10’daki sorulara doğru cevap verilebilmesine karşın, hangi olayın diğer olaya neden olacağı öğrenci tarafından tam olarak öğrenilmemiştir.

Öğrenci sıcaklık kavramı için *“Sıcaklık, bir maddenin moleküllerinin sahip olduğu enerjinin tanecik sayısına bölünmesi ile bulunur”* tanımını yaparak bu kavramı kinetik enerji ile ilişkilendirmiştir.

Öğrenci D için elde edilen bulgular ve yorumlar:

Etkinlik 6'daki kavram çarkında öğrencinin ısı ve madde miktarı için yazmış olduğu *"Isı, bir maddenin miktarı ile ilişkilidir. Örneğin; 20 g'lık bir maddeye ve 10 g'lık maddeye 30 °C ısı verirsek, 10 g'lık madde daha çok ısınır"* ifadesinden her ne kadar Etkinlik 5'te ısı birimleri olarak joule ve kalori olduğu bilinmesine rağmen, ısı biriminin 30 °C olarak algılandığı anlaşılmaktadır. Öğrenci sıcaklığı ısı miktarı şeklinde algılamıştır.

Öğrencinin ısı ve sıcaklık kavramlarını tam ve doğru olarak öğrenmediği Etkinlik 4'te kurduğu taneciklerin hareketliliği ve termal enerji arasındaki ilişkiyi açıklayan cümlelerden anlaşılmaktadır. Isının bir enerji çeşidi olduğu bilinmesine karşılık sıcaklık için *"Isının şiddetine sıcaklık denilebilir"*, *"Sıcaklık, ısı enerjisinin ölçülmesi sonucu ortaya çıkan sonuçtur"* *"Ortalama kinetik enerji, sıcaklığı verir"* şeklinde çeşitli tanımlar kullanılmıştır. Isı ve sıcaklık arasındaki ilişkiyi doğrudan ortaya koyan açıklamalar getirilmemiştir. Onun yerine, *"Isı alışverişi artıp ya da azaldığında sıcaklıkta da değişiklikler görülür"* ve *"Isı ve sıcaklık doğru orantılıdır. Isı arttıkça sıcaklık da artar"* şeklinde derinlemesine düşünme gerektirmeyen açıklamalar getirilmiştir.

Öğrencinin sıcaklık farkından dolayı maddeler arasında ısı enerjisinin transfer edildiğini bilmediğini yazdığı *"Isısı düşük olana yüksek olan ısı verir. Böylece ısı alışverişi olur"* ve *"Isı transferi demek ısısı düşük olana yüksek olanın ısı vermesidir"* *"Isı alışverişi artıp ya da azaldığında sıcaklıkta da değişiklikler görülür"* ifadeleri göstermektedir. *"Isısı düşük olana yüksek olan ısı verir. Böylece ısı alışverişi olur"* ifadesinde öğrenci maddelerin kütlelerini dikkate almamıştır. Aynı cins iki maddenin sıcaklıkları eşit ancak kütleleri farklı ise bu maddelerin sahip oldukları ısılar farklı olsa da bunlar arasında sıcaklık farkı bulunmadığı için ısı transferinin gerçekleşmediği öğrenci tarafından öğrenilmemiştir.

Öğrenci, Etkinlik 5'teki kavram çarkında, *"Sıcaklık, mutlak sıfırda iken donma olayı olur"* ifadesini kullanmıştır. Öğrenci bu görüşü Etkinlik 7'de de devam ettirmiş

ve kavram sınıflandırmasında mutlak sıfır noktasını sıcaklık ile ilgili oluşunu belirterek bu noktada moleküllerin donduğunu düşünmüş ve mutlak sıfır noktasını, donma başlığı altına dahil etmiştir.

Öğrenci E için elde edilen bulgular ve yorumlar:

Etkinlik 6'da kurulan kavramlar arası ilişkilerden; *“Bir kapta alkol ve diğer kapta su olduğunu düşünelim. Bunların sıcaklıklarının aynı olduğu zaman ve aynı derecede sıcaklık verdiğimizde; alkol daha az zamanda, su daha fazla zamanda kaynar”* ve *“Bir kapta iki tane madde var. Birincisi su, ikincisi alkol. İki maddeye de aynı miktarda ısı verdiğimizde alkol daha az zamanda kaynarken, su daha fazla zamanda kaynar”* ifadelerden birincisinde maddeye sıcaklık verilmesinden, ikincisi ise maddeye ısı verilmesinden bahsetmektedir. Bu iki cümle öğrencinin “ısı ve sıcaklık” kavramlarını karıştırdığını göstermektedir. Etkinlik 7'deki kavram sınıflandırmasında kalori ve joule ölçü birimleri sınıfına dahil edilmesine ve Etkinlik 5'te yazılan; *“Kalori, ısıнын birimidir”* ve *“Sıcaklık birimi, joule'dür”* ifadelerine bakılarak öğrencinin ısı ve sıcaklık kavramlarını karıştırması yanında bunların birimlerini de karıştırdığı görülmektedir.

Etkinlik 5'te kullanılan *“Isı ve sıcaklık doğru orantılıdır”* ve *“Sıcaklık değişimi, ısı değişimi ile değişir”* ve Etkinlik 6'da *“Sıcaklık ısıya bağlı olarak değişir”* ifadeleri, ısı ve sıcaklık kavramlarının tam olarak öğrenci tarafından öğrenilmediğini ortaya koymaktadır.

Öğrenci F için elde edilen bulgular ve yorumlar:

Öğrencinin ısı ve sıcaklık kavramları için *“Sıcaklık, ısı enerjisinin ölçülmesi sonucu ortaya çıkar. Sıcaklık, moleküllerden oluşur ve moleküller çarpışınca patlar. Sıcaklık, ısıнын şiddetidir. Bir cismin sıcaklığı diğer cisme göre yüksek ise; ısıısı da yüksektir. Isı ve sıcaklık doğru orantılıdır”* şeklinde yapmış olduğu tanımlardan bu kavramları doğru olarak öğrenmediği görülmektedir. Öğrenci sıcaklık kavramını maddeyi oluşturan moleküllerin hareketliliği ve kinetik enerjileri ile açıklamaya

çalışmış ancak zihninde oluşturduğu çatıya gelen kavramları parçalı olarak kaydettiği için bu kavramlar arasında mantıklı ilişkiler kurarak açıklama yapamamıştır.

Öğrenci G için elde edilen bulgular ve yorumlar:

Etkinlik 8'deki 4. soruda sıcaklıkları farklı aynı cins $2m$ ve m kütleli iki cismin birbirine temas etmesi halinde; maddeler arasındaki sıcaklık değişimlerinin aynı, ısı değişimlerinin farklı ve sıcaklık değişimi sonucunda son sıcaklıklarının aynı olduğu iddia edilmiştir. Bu durum, öğrencinin sıcaklıkları farklı olan maddelerin temas ettirilmesi durumunda sıcaklık farkını azaltacak şekilde ısı transfer edildiğini öğrenmediğini göstermektedir. Isı transferinde; sıcaklık değişimleri aynı değil, ısı değişimleri aynıdır. Etkinlik 7'deki kavram sınıflandırmasında, ısı, ısı alışverişi, ısı transferi gibi terimlerin bulunduğu sınıfın içerisine sıcaklık değişiminin de dahil edilmesi öğrencinin ısı ve sıcaklık kavramlarını karıştırdığını gösterir.

Öğrencinin ısı ve sıcaklık kavramları için yazdığı “Isı, enerji çeşididir. Sıcaklık, enerjinin kendisine denir. Arasındaki ilişki enerjidendir”, “Sıcaklık arttıkça termometre ısısı artar ve sıcaklık arttıkça su kaynama noktasına gelir”, “Isı, kalorimetre; sıcaklık, termometre ile ölçülür” ve “Termometreler, ısı ve sıcaklık ölçmek için kullanılır” öğrencinin ısı ve sıcaklık kavramlarını sağlam temellere oturtamadığını gösterir. Öğrenci ısıyı toplam kinetik enerji; sıcaklığı ise ortalama kinetik enerji olarak algılamıştır.

Öğrenci H için elde edilen bulgular ve yorumlar:

Öğrencinin sıcaklık farkından dolayı ısı aktarımının gerçekleştiğini anladığını “Sıcak bir maddenin soğuk maddeye ısı aktarmasına ısı transferi denir”, “Soğuk maddenin sıcak maddeden aldığı ısı, alınan ısıdır” ve “Sıcak maddenin soğuk maddeye verdiği ısı, verilen ısıdır” ifadeleri göstermektedir. Ancak yazılan “Isısı yüksek olan bir madde ile ısısı düşük olan madde ısı alışverişi yapar” ifadesinde öğrenci maddelerin kütlelerini ve özısılarını da dikkate alması gerekirdi. “Sıcaklığı diğerine göre yüksek olan bir madde, sıcaklığı düşük olan ile birleşince sıcaklık

değişimi olur” ifadesinde öğrenci, “ısı ve sıcaklık” kavramlarını karıştırmıştır. Öğrencinin bazı durumlarda doğru açıklamalar getirirken, bazı durumlarda yanlış açıklamalar getirmesi öğrenmenin sağlam temellere oturmadığını göstermektedir.

Öğrenci I için elde edilen bulgular ve yorumlar:

Öğrencinin ısı ve sıcaklık kavramlarını tam olarak açıklayamadığı görülmektedir. Etkinlik 4’te *“Isı, bir enerjidir. Sıcaklık, ısı enerjisinin şiddetidir”* şeklinde yüzeysel açıklamalar getirilmiştir. Etkinlik 5’te öğrenci, ısı ve sıcaklığı moleküllerin enerjileri ile anlatmaya çalışmış ancak *“Toplam kinetik enerji, ısıyı verir”* *“Ortalama kinetik enerji, sıcaklığı verir”* ve *“Ortalama kinetik enerji, Celsius ile gösterilir. Bu sıcaklık birimidir”* şeklinde yanlış ifadeler kurmuştur. Öğrenci hal değişimlerinde maddeyi oluşturan moleküllerin enerjilerinin artmasına rağmen sıcaklığın değişmemesini göz ardı ederek *“Isı arttıkça sıcaklık da o derecede artacaktır. Isı, sıcaklıkla doğru orantılıdır”* ve *“Isıtılan her maddenin zamanla sıcaklığı değişir”* ifadelerini yazmıştır.

Etkinlik 5’teki kavram çarkında öğrenci, *“Alınan ısı, verilen ısıya eşittir”* cümlesi ile birlikte *“Isı alışverişi sırasında maddelerin sahip oldukları sıcaklıklar değişir”* cümlesini yazmıştır. Etkinlik 8’de 4. soruda, ısı ve sıcaklık karıştırılmış ve “ısı değişimlerinin eşitliği” yerine “sıcaklık değişimlerinin eşitliği” cevap olarak verilmiştir. Sıcaklık değişiminin eşitliği sonucunda da “son sıcaklıkların eşit olduğu” görüşüne varılmıştır. Öğrencinin, sıcaklıkları farklı iki maddenin temas ettirilmesi ile bu maddeler arasında sıcaklık farkını azaltacak şekilde ısıнын transfer edildiği ve bu ısı transferi sonucunda her iki maddenin de son sıcaklığının aynı olduğu görüşüne sahip olmadığı görülmektedir. Bunun yerine öğrencinin maddeler arasındaki sıcaklık değişimi ile son sıcaklıklarının eşit olacağı görüşüne sahip olduğu görülmektedir. Bunun nedeni olarak Etkinlik 5’te yazılan *“Isı alışverişi sırasında maddelerin sahip oldukları sıcaklıklar değişir”* ifadesinin, *“Alınan ısı, verilen ısıya eşittir”* ifadesine daha baskın gelerek ortaya çıkması gösterilebilir.

Öğrenci J için elde edilen bulgular ve yorumlar:

Öğrencinin “ısı ve sıcaklık” kavramlarını tam ve doğru olarak öğrenmediği görülmektedir. Etkinlik 4’teki öğrencinin yazmış olduğu “*Isı ve sıcaklık aynı anlama gelir*” ve “*Isı, sıcaklıkla doğru orantılıdır. Isı verdikçe maddenin sıcaklığı artar. Moleküllerin birbirine sürtünmesi ile açığa çıkan kinetik enerjiye dönüştürülmesine sıcaklık denir*” ifadeleri öğrencinin ısı ve sıcaklık kavramlarını aynı algıladığını göstermektedir. Etkinlik 5’te de bu görüş sürdürülmüştür. “*Isı, enerji ile ilişkilidir. Cismin enerjisi ısıya dönüşür ve ısı enerji birimidir*”, “*Isı, toplam kinetik enerjidir*” ve “*Toplam kinetik enerji ile ortalama kinetik enerji aynıdır. Sadece yönleri farklıdır*” ifadelerinde de ısı ve sıcaklığın aynı anlama geldiği görüşünün devam ettirildiğini göstermektedir. Etkinlik 7’de ise ısı alış verişi ve sıcaklık ısı çeşidi sınıfına dahil edilmiştir. İlk başta ısı ve sıcaklığın termometre ile ölçüldüğü görüşü ortaya atılmış iken daha sonradan “*Isıyı kalorimetre kabı ile ölçeriz*” ve “*Termometre ile ölçülen sıcaklıktır*” ifadeleri ile ısı ve sıcaklığın farklı ölçme araçları ile ölçüldüğü ifade edilmiştir.

Öğrencinin sıcaklık farkından dolayı bu sıcaklık farkını azaltacak yönde ısı transferinin gerçekleştiğinin yerine, ısı alış verişi sonucunda sıcaklığın değiştiği görüşüne sahip olduğu yazmış olduğu “*Sıcaklık değişimi, ısı alışverişi ile olur*” ve “*Sıcaklık değişimi, ısı transferi ile değiştirilir*” ifadelerden ve öğrenci görüşmelerinden anlaşılmaktadır. Bu görüş çerçevesinde, öğrenci Etkinlik 7’de “alınan ısı, verilen ısı, ısı transferi ve sıcaklık değişimi” kavramlarını sıcaklık sınıfına dahil etmiştir. Öğrenci ayrıca “*Alınan ısı, verilen ısıya göre doğru orantılıdır*” ifadesi ile alınan ısınn verilen ısıya eşit olduğunu ifade etmiştir. Sahip olduğu bu bilgiler doğrultusunda Etkinlik 8’deki sıcaklıkları farklı, cinsleri aynı $2m$ ve m kütleli iki cismin temas ettirilmesi durumunda sıcaklık değişimlerinin eşit olmadığı ancak ısı değişimlerinin ve son sıcaklıklarının eşit olduğu cevabına ulaştığı görülmektedir. Öğrencinin ısı ve sıcaklık arasında yapmış olduğu karıştırma burada ortadan kalmış ve doğru öğrenme ortaya çıkmıştır.

Öğrenci K için elde edilen bulgular ve yorumlar:

Etkinlik 5'teki kavram çarkı incelendiğinde ısı ve sıcaklık kavramları birbirine karıştırılmış ve birbiri ile çelişen cümleler ifade edilmiştir. *“İki farklı sıcaklık sonucu sıcaklık değişimi ortaya çıkar”, “Sıcaklık farkını ortadan kaldırmak için sıcaklık değiştiğinde madde ısı alır veya verir” ve “İki farklı ısı sonucu ısı alışverişi ortaya çıkar”, “İki farklı ısı sonucu alınan ısı veya verilen ısı ortaya çıkar”* ifadelerinden sıcaklık farkından dolayı sıcaklık farkını ortadan kaldıracak yönde ısı transfer edilir görüşüne öğrencinin sahip olmadığı görülmektedir. Bu ifadelerden “ısı ve sıcaklık” kavramlarının birbirine karıştırıldığı söylenebilir. *“Toplam kinetik enerji, sıcaklığı verir”, “Ortalama kinetik enerji, ısıyı verir”, “İki enerjinin toplamına, toplam kinetik enerji denir”, “İki farklı enerji sonucu ortalama kinetik enerji açığa çıkar”* ifadeleri kavramların tam ve doğru olarak öğrenilmediği göstermektedir. Etkinlik 4'te de *“Isı molekülleri arttıkça sıcaklık da artar”* ifadesinde öğrenci moleküller ile ısı ve sıcaklık kavramlarını anlatmaya çalışmış ancak ısıyı molekülmüş gibi algılamıştır. *“Sıcaklık, ısı ile doğru orantılıdır. Bir cismin sıcaklığı diğer cisme göre yüksek ise; ısı da yüksektir”* ifadelerinde öğrenci cisimlerin kütlelerini dikkate almamıştır. Burada yazılan ifadeler, tanım düzeyinde yüzeysel bilgilerdir. Öğrenci, maddeyi oluşturan atomların veya moleküllerin bulundukları ortamdaki sıcaklığa bağlı olarak kinetik enerjilerinin değişmesi ile maddenin termal enerjisi arasındaki ilişkiyi anlatan ayrıntılı açıklamalar getirememiştir.

Öğrenci L için elde edilen bulgular ve yorumlar:

Öğrencinin Etkinlik 4'te yazdığı *“Isı, sıcaklık ile elde edilir”, “Bir cismin sıcaklığı, o cismin ısından bağımsızdır”, “Isı, sıcaklıkla doğru orantılıdır”, “Sıcaklık, bir molekülün ortalama kinetik enerjisidir. Moleküller birbirine sürtünerek kinetik enerjiye dönüşür. Biz buna sıcaklık deriz”* ifadeleri ve Etkinlik 5'te ise *“Sıcaklık, moleküllerin ortalama kinetik enerjiye dönüşmesi ile ölçülür”* ifadesinin kullanılması ısı ve sıcaklık kavramlarının tam ve doğru olarak öğrenilmediği göstermektedir.

Öğrenci “ısı ve sıcaklık” kavramlarını moleküler boyutta, maddeyi oluşturan moleküllerin hareketleri ile ilgili olduğunu hatırlamış ancak sahip olduğu bilgiler, ısı ve sıcaklık kavramlarının tam ve doğru tanımını yapmada yetersiz kalmıştır.



BÖLÜM IV

ARAŞTIRMANIN SONUCU

Yapılan araştırma sonucunda öğrencilere uygulanan etkinliklerden ve yapılan öğrenci görüşmelerinden elde edilen verilerden çıkartılan sonuçlar aşağıdaki gibi sıralanabilir:

1. Yapılan ilk etkinliklerde, genel olarak kütle ve hacim kavramlarının da tıpkı ağırlık kavramı gibi Ay'da değişeceği iddia edilmiştir. Bu değişim bazı öğrenciler tarafından Ay'ın yerçekimi ivmesinin Dünya'nın $1/6$ 'sı olmasından dolayı kütle ve hacim değerlerinin, Dünya'daki değerlerine göre 6 kat artacağı şeklinde algılanırken, bazı öğrenciler tarafından da Dünya'daki değerlerine göre 6 kat azalacağı şeklinde algılanmıştır. Yani öğrenciler başlangıçta ağırlık kavramının değişimine ek olarak, genelleme yaparak kütle ve hacim kavramlarını da ağırlık kavramı ile aynı kategori içerisine koymuşlardır. Bazı öğrencilerin kütlenin ve hacmin ağırlık gibi artması yada azalması yönünde genelleme yapması gibi, bazı öğrencilerin de kütle ve hacmin değişmemesi yönünde genelleme yaparak ağırlığın değişmeyeceği görüşüne sahip oldukları görülmektedir. Bu durum, öğrencilerin Ay'da kütle, hacim ve ağırlık kavramları için bir değişimin var olduğunu ancak hangi kavramın neden değişeceğini veya neden değişmeyeceğini bilmediğini göstermektedir. Öğrenci tarafından yapılan bu genellemeler, bu kavramların sağlam temeller içerisinde anlaşılmadığını da göstermektedir.
2. Öğrenciler çok belirgin bir biçimde ağırlık ile kütleyi karıştırmaktadır. Özellikle "*Kütle, eşit kollu terazi ile ölçülür*" ifadesi yerine "*Maddenin ağırlığı, eşit kollu terazi ile ölçülür*" ifadesi kullanılmıştır. Kavram

sınıflandırması etkinliğinde eşit kollu terazi kavramının, ağırlık başlığı altında sınıflandırmaya dahil edilmesi de bunu destekler niteliktedir.

3. Öğrencilerin, kütle ve ağırlık ile ilgili sahip oldukları kavram yanlışları, kütle ve ağırlık birimleri için de geçerlidir. Öğrencilerin bir kısmı, Newton birimini hem kütle hem de ağırlık birimi olarak kabul ederken; bir kısmı da kilogram'ı hem kütle hem de ağırlık birimi olarak kabul etmişlerdir.
4. Uzayda kapladıkları yer ve şekilleri aynı olan cisimlerin hacimlerinin eşit olmasının yanında genelleme yapılarak, kütlelerinin de eşit olduğu yargısına ulaşmıştır.
5. Özağırlığın, özkütle ile değişebileceği genel olarak öğrenciler tarafından düşünülememiştir. Yerçekimi ivmesinin değişmesi sonucunda özağırlığın da değişebileceğine dair bir düşünme yolu öğrenciler tarafından kullanılmamıştır.
6. Bazı durumlarda öğrenciler, bir sorunun çözümü için gerekli olan formülleri doğru olarak yazabilmelerine karşın, bu formülleri oluşturan kavramların bir tanesinde oluşacak değişimin diğer kavramları nasıl etkileyeceğine dair doğru kestirimler yapamamışlardır. Bazı öğrenciler ise bir kavramın diğer kavram ile ilişkisini “Özkütle, özağırlık ile ilişkilidir” gibi yüzeysel olan basit cümleler kurarak ifade etmişlerdir. Bu durumda öğrenciler yazdıkları ifadelerdeki bir kavramın diğer bir kavram ile ilişkisini, kavramları oluşturan bileşenler tam olarak ifade edilmediğinden açıkça görememişlerdir.
7. Öğrencilerin vermiş oldukları cevaplar genel olarak incelendiğinde; “Isı arttıkça sıcaklık da artar” kanısına sahip oldukları gözlenmektedir. Isı ve sıcaklığın birbiri ile doğru orantılı olduğu, ısı arttıkça sıcaklığın da arttığı öğrenciler tarafından ifade edilmiştir.

8. Öğrencilerin ısı ve sıcaklık kavramları ile ilgili olarak bildiklerini yazmalarına dayalı etkinlik ile ısı ve sıcaklık ile ilgili kavram çarkında “ısı ve sıcaklık” kavramlarının tanımı yapılırken, maddeyi oluşturan moleküllerin sahip olduğu kinetik enerjiler ile bu kavramlar açıklanmaya çalışılmış ancak birbirinden farklı çok değişik görüşler ortaya çıkmıştır. Bu görüşlerden bazıları; *“Isı molekülleri arttıkça sıcaklık ta artar”, “Sıcaklık, bir maddenin diğer maddeye sıcaklığını verirken oluşan ısı alışverişidir”, “Maddeye ısı verdiğimizde, maddenin molekülleri hızlanır, ısıyı azalttığımızda madde molekülleri yavaşlar, hiç ısı vermezsek madde molekülleri bulunduğu noktaya çakılı kalır”, “Bir maddenin diğer maddeye sıcaklığının aktarılması ile ısı transferi oluşur”, “Sıcaklık, moleküllerden oluşur ve moleküller çarpışınca patlar”, “Isı arttıkça madde cinsi değişir”, “Isı ve sıcaklık aynı anlama gelir”, “Moleküllerin birbirine sürtünmesi ile açığa çıkan kinetik enerjiye dönüştürülmesine sıcaklık denir”, “Toplam kinetik enerji ile ortalama kinetik enerji aynıdır. Sadece yönleri farklıdır”, “İki farklı sıcaklık sonucu sıcaklık değişimi ortaya çıkar”, “İki enerjinin toplamına, toplam kinetik enerji denir”, “Isı, sıcaklık ile elde edilir”, “Moleküller birbirine sürtünerek kinetik enerjiye dönüşür”, “Sıcaklık moleküllerin ortalama kinetik enerjiye dönüşmesi ile ölçülür”* şeklindedir. Genel olarak yazılan ifadelerle bakıldığında öğrencilerin ısı ve sıcaklık hakkında kavram yanlışlarına sahip oldukları görülmektedir. Öğrenciler, sıcaklık kavramının bir enerji çeşidi olduğu ve kinetik enerji ile ifade edildiği kavram yanlışına sahiptir. Çoğu öğrenci sıcaklığı, ortalama kinetik enerji; ısıyı ise toplam kinetik enerji şeklinde algılamıştır. Bazı öğrenciler, ısı ve sıcaklık kavramlarını birbirine karıştırmıştır.
9. Öğrencilerin çoğunluğu, ısı enerjisinin neden transfer edildiğini açıklamada yetersiz kalmıştır. Öğrenciler, “sıcaklıkları farklı maddeler temas ettirildiğinde bu maddeler arasında sıcaklık farkını azaltacak şekilde ısı transfer edilir” görüşü yerine; “ısıları farklı maddeler temas ettirildiğinde ısının dengeye gelinceye kadar transfer edildiği” görüşüne sahiptir.

10. Öğrenciler, mikroskobik boyutta bir maddeyi oluşturan moleküllerin hareketlilikleri ile o maddenin sıcaklığı ve termal enerjisi arasındaki ilişkiyi fizik bilimi açısından nitelikli olarak açıklayamamışlardır. Bu konuda getirilen açıklamalar, yüzeysel ve basittir.
11. Pek çok öğrenci, mutlak sıfır noktasını diğer kavramlar ile ilişkilendirememiş; bu kavram için açıklama getirebilenler ise bu noktada moleküllerin donduğunu iddia etmiştir.
12. Çok az öğrenci, ısı ve sıcaklık kavramlarına ait birimleri karıştırmıştır. Genel olarak kalori ve joule'ün ısı birimi olduğu kavram çarklarında belirtilmiş ise de kavram çarklarında daha karmaşık cümleler kullanıldığında $^{\circ}\text{C}$ 'nin ısı birimi olarak kullanıldığı da saptanmıştır.
13. Genel olarak öğrenciler hal değişiminde maddenin molekül sayısının ve moleküler yapısının değişebileceğini iddia etmektedirler. "*Hal değişiminde moleküler yapı bozulur*" ifadesini pek çok öğrenci moleküller arasındaki bağların kırılması şeklinde algılamıştır.
14. Genel olarak sınıfa bakıldığında, az sayıda öğrenci tarafından $+4^{\circ}\text{C}$ 'deki suyun hacminin en az değerde olduğunu öğrenildiği ve buna dayalı olarak $+4^{\circ}\text{C}$ 'deki suyun sıcaklığının artırılması veya azaltılması durumlarında hacim ve özkütle değişimlerinin mantıklı temeller içerisinde açıklanabildiği gözlenmiştir.
15. Sınıf içindeki öğrencilerden çoğunun, $+4^{\circ}\text{C}$ 'deki suyun sıcaklığının azaltılması durumunda hacim ve özkütlenin nasıl değiştiğini açıklayan alternatif çatıları geliştirdiği ortaya çıkmıştır. Öğrenciler tarafından kurulan çatılar şu şekilde sınıflandırılabilir;

a- Birinci tür çatıda, suyun $+4^{\circ}\text{C}$ 'de en küçük hacme sahip olduğu görüşü hiç düşünülmemiştir. Suyun ısıtılınca hacmi artacağından, su soğutulduğunda hacminin azalacağı ve özkütlenin artacağı ifade edilmiştir.

b- İkinci tür çatıda, suyun $+4^{\circ}\text{C}$ 'de en küçük hacme sahip olduğu düşünülmüştür. Bu nedenle, $+4^{\circ}\text{C}$ 'deki suyun soğutulunca hacminin artacağı ve özkütlenin azalacağı ifade edilmiştir.

Sınıf içindeki öğrencilerden 0°C 'de m gram buzun tamamı eriyerek 0°C 'de m gram su haline geçerken hacim ve özkütlenin nasıl değiştiği çeşitli alternatif çatılar içerisinde açıklanmıştır. Bu çatılar, öğrencinin sahip olduğu mevcut çatıların, yeni durumu açıklayabilecek şekilde genişletilmesi veya yeni kazanılan bilgi yardımıyla mevcut çatının özgün bir biçimde yeniden kurulması ile ortaya çıkmıştır. Öğrenciler tarafından bu aşamada kurulan çatılar şu şekilde sınıflandırılabilir;

a- 0°C 'deki m gram buz eritilip 0°C 'de m gram su haline getirildiğinde hacminin azalması gerektiği, buna dayalı olarak ta özkütlesinin artacağı ifade edilmiştir. Bu açıklama, önceden var olan, $+4^{\circ}\text{C}$ 'de suyun en küçük hacme sahip olduğu bilgisini içine alan mevcut çatının genişletilmesi ile elde edilmiştir. Eğer önceden $+4^{\circ}\text{C}$ 'de suyun en küçük hacme sahip olduğu bilgisini içine alan bir çatı tanımlı değil ise bu yeni çatı, aniden kendine özgü bir biçimde ortaya çıkmıştır.

b- Suyun ısıtılınca hacminin artmasından dolayı 0°C 'deki m gram buz eritilip m gram su haline getirildiğinde hacminin arttığı, buna dayalı olarak ta özkütlenin azaldığı ifade edilmiştir. Bu açıklama, suyun $+4^{\circ}\text{C}$ 'de en küçük hacme sahip olduğu görüşü içine almayan suyun ısıtılınca hacmi artacağından, su soğutulduğunda hacminin azalacağı ve özkütlenin artacağı bilgisini içine alan alternatif çatıya dayanır.

Yani bu çatının temelleri, hacim değişimi için sıcaklık değişiminin gerektiği ve ısı ve sıcaklığın doğru orantılı olmasından dolayı ısıtılan maddelerin hacimlerinin artacağı görüşünü içine alan çatıdır.

c- Hal değişiminde, buzun hacmi ve özkütlesi hal değişimi süresince sabit kalır. Bu alternatif çatının temeli, sıcaklık değişiminin olmamasından dolayı hacim ve özkütle değişiminin olmayacağı görüşünü içine alan alternatif çatıya dayanır.

16. Kaynama süresinin Ay'da değiştiğine dair öğrenciler arasında çeşitli görüşler ortaya çıkmıştır. Bunlardan en belirginlerinden biri, kaynama süresine yerçekimi ivmesinin etki ederek, kaynama süresinin de 1/6 oranında azaldığı; diğeri ise kaynamanın kütle veya ağırlık ile ilgili olduğunun düşünülerek Ay'da kütle azalmasına dayalı olarak kaynama süresinin de azaldığıdır. Bazı öğrenciler ise Dünya'da verilen Q ısı miktarının Ay'da 6 kat azalacağı ve bu şekilde kaynama süresinin değişeceği yönünde görüşler üretmişlerdir.

17. Öğrencilerin çoğunluğu özısı ile özkütle kavramları birbirine karıştırmıştır. Farklı cins maddeler ısıtıldığında özkütlenin farklı olmasından dolayı sıcaklık artışlarının da farklı olacağı öğrenciler arasında kabul edilen bir görüştür. Öğrenciler, özısı kavramını kastederek özkütle kavramını açıklamalarında kullanmışlardır. Öğrencilerin burada bir kavram kargaşası yaşadıkları ve bir kavramın görevini diğeri bir kavrama yükledikleri söylenebilir.

18. Buz ve suyun aynı moleküler yapıya sahip olmasından dolayı öğrenciler tarafından 0°C 'deki buzun ve 0°C 'deki suyun ısı sığalarının birbirinin aynısı olduğuna dair algılama geliştirilmiştir. Su ve buzun özısılarının farklı olmasından dolayı ısı sığalarının farklı olacağı sonucuna bazı öğrencilerin ulaşamadığı görülmektedir.

Öğrencilerin konularla ilgili olarak dağıtılan soru kağıtlarına vermiş oldukları cevaplar üzerinde şu özellik dikkat çekicidir: Bir kavramı anlatan özellikler farklı

sorularda öğrencilere yöneltildiğinde öğrencilerin vermiş oldukları cevaplar birbirinden farklıdır. Bir soruda doğru olarak verilen cevap, diğer soruda yanlış olarak verilebilmektedir. Örneğin maddenin ortak özellikleri ile ilgili sorular öğrencilere yöneltildiğinde, ağırlık ve kütle kavramına ait anlamalar arasında tutarsızlık olduğu görülmüştür. Aynı durum ısı ve sıcaklık ile ilgili sorular için de geçerlidir: “Özısı ve maddeleri oluşturan moleküllerin ısı alması sonucunda Kinetik Enerjileri ve Potansiyel Enerjilerindeki değişimler” kavramlarında olduğu gibi. Bu durum, öğrencilerin anlamalarında çelişkiler olduğunu göstermektedir. Öğrenci görüşmelerinde özellikle bu çelişkiler üzerinde durulmuştur. Çelişkili durumlar kullanılarak öğrencilerin mevcut çatılarının doğruluğu sınanmıştır. Öğrencilerin çelişkileri görmeyi veya onları yanıtlamaktan kaçındıkları durumlar gözlenmiştir. Yine de öğrencilerin çelişkilerle yüzleştirilmesi sağlanarak sorulardaki seçeneklerden hangisinin doğru olduğu sorulduğunda bazı öğrencilerin hala tam olarak tutarlı bir cevap veremedikleri gözlenmiştir.

Fizikteki önemli bir konu, kavramların çoğu zaman farklı olgunluk seviyelerinde algılanmasıdır. Taber’in (1995a) de belirttiği gibi daha ileri kavramlar öğrenilmeye başladığından dolayı basite indirgenen alternatif çatılar, hala yararlı olmaya devam edebilir.

Bir öğrenci, fizik dersine başladığı zaman “ısı, enerji çeşitidir”, “sıcaklık, ısıнын şiddetidir” şeklindeki tanımları yapmaktadır. Ancak ders seviyeleri ilerledikçe, öğrenci bir maddeyi oluşturan moleküllerin hareketlerini öğrenerek “ısı, moleküllerin toplam kinetik enerjisidir”, “sıcaklık, moleküllerin ortalama kinetik enerjisinin bir ölçüsüdür” şeklindeki tanımları yapmaktadır. Ancak bu iki çatıdan sonuncusu daha gelişmiş ve ileri seviyede bilgi gerektirmesine karşın, öğrenciye zaman içinde yönlendirilen “ısı ve sıcaklık nedir?” sorusuna yine de ilk çatının tanımladığı cevap gelmektedir. Ancak bu durum her öğrencide gözlenmemiştir. Bu öğrencilerin, ileri kavramları öğrenmeye başlasa dahi bir önceki çatının mevcudiyetini koruduğu gözlenmiştir. Taber ve Watts’a (1997) göre ilk çatı tamamen atılmaktan daha ziyade, tamamlanmaya ihtiyaç duyulur. Kavramların daha olgunlaşmış biçimleri

tamamlanabilir, bir önceki biçimlerin yerini almak yerine bunlar ile uyum içinde davranabilir.

Burada ayrıca Kempa ve Nicholls'ın (1983), ortaya koyduğu kavram kazanım seviyelerini görmek te mümkündür (Aktaran: Dumbrill ve Birley, 1987).

Birinci seviyede, öğrenciler ısı ve sıcaklığa ait sadece tanım düzeyinde yüzeysel bilgilere sahiptir ve bunu suya ait en genel örnek üzerinde açıklayabilmektedir.

Fizik dersleri ilerledikçe öğrenciler, “ısı ve sıcaklık” kavramlarına ait pek çok özelliği tanımlayabilmekte ve ikinci seviyeyi sergilemektedir. Örneğin eşit hacimdeki 10 °C’ deki 200 ml su ile 30 °C’ deki 200 ml suyun karıştırılması sonucu karışımın sıcaklığının neden 40°C olmayıp, 20°C olduğuna (Ek-11’de verilen sıcak ve soğuk cisimlerin teması sonucunda karışımın son sıcaklığının incelenmesi deneyine ait soruda) açıklık getirebilmektedir.

Üçüncü seviyede, öğrenciler “ısı ve sıcaklık” ile ilgili denklemsel ifadelere dayanarak soruları çözebilmektedir.

Dördüncü seviyede, öğrenciler “ısı ve sıcaklık” tanımını atomik veya moleküler temeller içinde derinlemesine düşünebilmektedir. Ancak öğrenciler üzerinde yapılan araştırmada gözlenen odur ki; öğrenciler soyut düşünmeyi gerektiren dördüncü seviyede başarılı açıklamalar getirememişlerdir. Öğrencilerin ilk başta öğrendikleri “ısı ve sıcaklık” tanımını sıklıkla kullandıkları gözlenmektedir. Bu bulunan sonuçlar Dumbrill ve Birley’in (1987) bulduğu aşağıdaki sonucu destekler niteliktedir. Dumbrill ve Birley’in (1987) buldukları sonuca göre; dördüncü seviyede, kavram, yoruma dayalı özellikleri açısından derinlemesine düşünülür ve kavramların atomik veya moleküler temelleri anlaşılır.

“Piaget’nin ortaya koyduğu yaklaşıma göre eğitim veren okula ait çalışmalardan da ümit edilebileceği gibi öğrenciler

“moleküller” gibi soyut düşüncelerin kullanımına dayanmayan açıklamalar vermeyi tercih ediyorlar. Masadaki ısı iletimine ait tartışmada; her ne kadar öğrenciler iletim sürecini doğru olarak tanımlayabilseler de, 29 öğrenciden sadece üçü bir moleküler açıklamaya teşebbüs etti” (Dumbrill ve Birley, 1987).

Öğrenci, fizik hakkında daha çok kavram öğrendikçe, öğrencilerin bilişsel yapılarının; kavramlarının aralığı artması, kavramlarının olgunluk seviyesi derinleşmesi ve kavramları diğer kavramlar ile bütünleşmeye başlaması gibi en az üç yol içinde gelişeceği düşünülebilir.

Bir fizik kavramı temel prensipler içinde derinlemesine kavrandığında, o temellere ait referanslar olmadan sıklıkla kullanılır. Bu matematikle benzeşir; bir formül bir kez türetildiğinde, artık türetimine ihtiyaç duyulmadan tekrar kullanılır. Öğrenciler deneylerini yaparak türettikleri $Q=m.c.\Delta T$ ifadesinin nereden geldiğini (örneğin; kütle arttığı zaman eşit miktarda sıcaklık artışı sağlamak için verilmesi gereken ısılarında artması gerekir gibi) her seferinde tekrar etmeden sorularda kullanılabilir. Ancak burada önemli olan öğrencinin bu formülse çıkarımı kendisinin bulmasıdır. Ancak bu şekilde formül öğrencinin çatıları içinde yer eder. Aksi halde çok çabuk unutulur.

Bazı durumlarda öğrencilerin soru çözümlerinde formülleri ezbere yazdıkları, ancak bu formülleri kullanarak ulaşmaları gereken ifadelere ulaşamadıkları gözlenmiştir. Bu durum; öğrencinin formülleri yüzeysel olarak ezberlediğini, bunları derinlemesine problem çözümünde aktif bir biçimde kullanmadığını göstermektedir. Uygulanan ilk etkinliklerde kavramlar arasındaki ilişkilerin kurularak formüllerin yazıldığı, ancak bu formül üzerinde değerler kullanılarak sonuca ulaşamadığı öğrenci cevaplarından gözlenmiştir. Daha sonraki etkinliklerde aynı kavramın gelişimini incelemek amacıyla yöneltilen sorulara verilen cevaplarda öğrencilerin, kavramlar arasındaki ilişkileri ifade eden formülleri de yazamadıkları saptanmıştır. Öğrenim sürecinde gösterilen bu özellikten, matematiksel ifadelerin etkin bir

biçimde soru içerisinde kullanılmadığı sürece, zaman içerisinde unutulacağı sonucuna ulaşılmaktadır. Sonuçta, bir probleme ait doğru yaklaşımların tutarlı biçimde kullanıldıklarında olabildiğince kararlı hale geldikleri söylenebilir.

Eğer bir fiziksel gerçek, matematiksel ifade ile gösterilemiyor ve sözel tanımlanamıyor ise bu kavram öğrenilmemiş demektir ya da eğer bir fiziksel gerçeğe ait matematiksel ifade sadece formül ile ifade edilip, bunun sözel tanımlanamıyor ise öğrenci tarafından ezber yapıldığı anlamına gelir ve bu ifade zaman içinde unutulmaya mahkumdur. Ancak, eğer öğrenci tarafından yazılabilen matematiksel ifadenin sözel tanımlanması da veriliyor ise öğrenci gerçek öğrenme yapmıştır, bu ifade zaman içerisinde kalıcılığını korur ve bu ifade ile ilgili yorumlar da öğrenci tarafından çok rahatlıkla yapılabilir.

Derslerin sonuna doğru öğrencilerin “ısı ve sıcaklık” konusuna ait anlamaları arasında bir bütünleşmenin var olduğu ve ayrıca “madde ve özellikleri” konusunun da bu konu ile bütünleştiği görülmektedir. Derslerin sonunda öğrenci anlamalarındaki bütünleşme aşağıdaki gibi tanımlanabilir:

1-Ders sonunda genel “ısı ve sıcaklık” kavramları altında diğer kavramlar da dahil edilmiştir. Örneğin; moleküllerin kinetik enerjisi, toplam kinetik enerji, potansiyel enerji, kütle vb.

2-Öğrencilerin “ısı ve sıcaklık” kavramları daha olgun hale gelmiştir. Örneğin; ısı, bir maddenin sahip olduğu enerji tanımı ile ifade edilirken daha sonradan bu tanım, sıcaklık farkından dolayı transfer edilen enerji şeklini almıştır.

3-Bir maddenin sıcaklığının nelere bağlı olarak değişebileceği ile ilişkili yeni kavramlar öğrenilmiştir. Örneğin; bir maddenin ısı ısıtması, özısı, kütlesi vb. gibi.

4-Daha sonra maddelerin sıcaklığının artması sırasında maddeyi oluşturan moleküllerin sahip olduğu kinetik enerji ve potansiyel enerjilerde meydana gelen

değişmeler, bu değişmelere dayanarak “kaynama” tanımı ve ısıtılan maddeye ait diyagramların yorumlanması öğrenilmiştir.

Yeni bir açıklayıcı çatı kurulurken öncelikle var olan bir alt çatı ile ilişkilendirilmek istenir, ancak ilk çatı aralığının dışına düşen fizikteki yeni alanları anlamlandırmak için öğrencilere izin verilmelidir. Yine de; daha benzer yapılar, öğrencilerin yeni açıklayıcı çatıları yapılandırması sırasında tam olarak kullanılamayabilir. Bundan dolayı öğrencilerin kendi sahip olduğu çatıyı, yeni çatının kalıcı olarak yerleşmesinden önce atması mümkün değildir. Bu yeni kavramlara ait kısımlar diğerlerinden daha önce işlemsel hale gelir. Bundan dolayı fiziğe ait kavram aralığında kullanabileceklerini düşündükleri alternatif açıklayıcı çatıları öğrenciler bazen zihinlerinde tutmayı sürdürmüşlerdir.

Öğrencilerin daha sonradan kurdukları kavramsal çatılar, ilk çatılara göre daha üstündür ve yeni çatı işlemsel olduğunda öğrencileri eski, daha az gelişmiş çatıları kullanmaya yönlendirmek iyi bir davranış olmaz (Taber ve Watts, 1997).

Öğrencilere ısı ve sıcaklık ile ilgili olarak sadece denklemsel ifadeleri kullanabilecekleri sorulardan başka, yoruma dayalı sorular da sorulduğu zaman öğrencilerden çok azının bunlara cevap verebildikleri gözlemlendi. Örneğin Isı ve Sıcaklık İle İlgili Sorular-2’deki 6. sorunun öğrenciler tarafından cevaplanma yüzdesi, 3. soruya göre daha düşüktür. Buradan, öğrencilerin soyut kavramları zihinlerinde canlandırabilmelerinin bireyler için oldukça zor olduğu sonucu çıkartılabilir.

Diğer bir gözlenen özellik ise öğrencilerin her zaman öğretmenin anlatmak istediği anlamaları geliştiremedikleri, farklı anlamalar geliştirebildikleridir. Bu farklı anlamalar, öğrencilerin kavramları alternatif çatılar içinde geliştirmeleri ile oluşur. Bu alternatif çatıları daha iyi teşhis etmek için öğrencilerle görüşmeler yapıldığında öğrencilerin bu alternatif çatılara ait açıklamalarının sağlam temellere oturmadığı gözlemlenmiştir. Öğrencilere sınıf içinde yapılan etkinlikler hatırlatılarak doğru anlama geliştirmelerine yardımcı olunduğunda, öğrencilerin öğretmenin görüşünü kabul

ettikleri ancak soru farklı bir biçimde sorulduğunda öğrencilerin yine ilk başta farklı anlama geliştirdikleri alternatif çatıya geri döndükleri gözlemlendi. Yani öğrenciler alışılmışın dışındaki bir içerikle karşılaştıkları zaman yanlış anlamaların kurulduğu alternatif çatı yeniden su yüzüne çıkmaktadır. Öğrencilere, görüşme sırasında doğru anlamayı geliştirmeleri için küçük ip uçları verildiğinde; öğrencilerin sınıfta yapılan sadece çok belirgin etkinliğe veya kavrama ait en genel tanımı hatırladıkları görüldü. Bu da öğrencilerin ısı ve sıcaklık kavramlarını geliştirmelerinde öğrencilerin Kempa ve Nicholls'un tanımladığı kavram kazanma seviyelerinden birinci seviyede çok belirgin bir biçimde bulunduklarıdır (Dumbrill ve Birley, 1987).

Yanlış algılamalar bir buzdağı görünümündedir. Öyle ki gerçek ve tam öğrenmenin var olduğu düşünüldüğü anda bile, hiç umulmadık zamanlarda yanlış algılamalar yeniden su yüzüne çıkabilmektedir.

Öğrenciler, herhangi bir soru için çözüm üretmede yetersiz kaldıklarında yanlış algılamalara yeniden baş vurabilirler. Bu bir anlamda yanlış algılamaların yeniden su yüzüne çıkmasıdır. Yani yanlış algılamalar zaman içinde tamamen kaybolmadıklarından zaman içinde kendilerini gösterir bir niteliğe sahiptirler. Bununla beraber öğrencinin sonradan kurmuş olduğu bir çatı, önceden kurulmuş bir çatı ile değiştirilebilir. Eskiden var olan çatı daha baskın gelerek ortaya çıkabilir. Öğrenciler var olan çatılarını yeni gelen bilgiye göre değiştirir ve bu çatı içerisinde kendilerine yöneltilen soruları cevaplamaya çalışır. Ancak bazen öğrencilerin çatılarının yetersiz kaldığı durumlar meydana gelebilir ve bu durumlarda alternatif çatılar ortaya çıkar. Bu alternatif çatılar incelendiğinde bu çatıların bazı durumlar için öğrenci açısından tutarlı ve mantıklı cevaplar üretebildiği, ancak bazı durumlarda da yetersiz kaldığı görülmektedir.

Ders işlenişi sırasında öğrencinin mevcut çatısına gelen yeni bir kavramın, bu çatının sınırları içerisinde öğrenilmesine kritik bariyer şeklinde etki eden her öğrenci için farklı kavramların olduğu gözlenmiştir. Genel olarak öğrencilerin verdiği cevaplar incelendiğinde, öğrencilerin ısı ve sıcaklık ile ilgili soruları çözmelerinde madde ve özellikleri konusundan kütle, hacim, ağırlık ve özkütle kavramlarının kritik

öneme sahip olduğu görülmektedir. Örneğin kütle çekim ivmesinin değişik konumlarda $1/6$ şeklinde alınması, ısı ve sıcaklık ile ilgili kavramların yorumlanmasında değeri kritik bariyer olarak davranmıştır.

Öğrenmenin kavram veya kavram gruplarının karşılıklı olarak birbirini etkilemesiyle, silsile halinde birindeki değişimden diğerinin de etkilenmesine neden olması şeklinde meydana geldiği kabul edilirse; bir kavramın diğer kavramı değiştireceğinin ifade edilmesi ancak, o kavramı değiştiren etmenlerin neler olduğunun ifade edilememesi, öğrenme silsilesinde bir kopukluğun var olduğunu göstermektedir. Yapılan öğrenci görüşmelerinde pek çok öğrencinin sahip olduğu görüşlerin parçalı ve tutarsız olduğu saptanmıştır. Öğrencilerin farklı durumlar için kavramlar arası ilişkileri göremedikleri veya bu ilişkileri tutarsız bir biçimde açıkladıkları gözlenmiştir.

Öğrencilerin anlamalarının ve zihninde oluşturduğu kavram kümelerinin birbirinden bağımsız olduğu ve bunlar arasında ilişkilerin bazı zamanlarda kurulduğu bazı zamanlarda ise kurulamadığı gözlenmektedir. Bu durumun gözlenmesine etken olarak; sınıfta öğretmenin konuları işlerken kullanmış olduğu kelimelerin öğrenci tarafından yakalanarak, zihinde bu şekilde kaydedilmesi ve bu kalıpların dışına öğrenci tarafından çıkılamaması gösterilebilir.

Bazı öğrencilerin matematiksel ifadeleri oluşturan kavramlara sahip oldukları, ancak bu kavramları farklı konumlara yerleştirerek kendilerine göre bu string'leri biçimlendirdikleri tespit edilmiştir. Öğrenciler tarafından yazılan

Kütle=Ağırlık+Yerçekimi ivmesi ve $\delta = \frac{g}{m/V}$ ifadeleri bunlara verilebilecek en

güzel örneklerdir. Bu durum öğrencilerin ifadeleri özümseyemediklerini gösterir.

Bazı öğrencilerin yeni karşılaştıkları bir kavramı zihninde var olan önceki kavram veya kavramlar şeklinde algılayarak kaydettiği gözlenmiştir. Bu durum öğrencilerde kavram kargaşasına neden olmaktadır. Bir kavramın işlevi, önceden çatı içerisinde var olan diğer bir kavramın ismi atfedilerek çağrışım yapılmaktadır. Özısı

kavramı yerine öğrencilerin özkütle veya yoğunluk kavramlarını kullanarak yapmış oldukları açıklamalar, bu duruma örnek olarak verilebilir. Bazı öğrenciler ise kendilerinden, bir kavram tanımı yada formülü istenildiğinde, istenilen kavram yerine isim olarak kavramları karıştırarak başka bir kavramın tanımı yada formülünü vermişlerdir. “Özağırlık” denildiğinde öğrencide “Özkütle” kavramının çağrışım yapması buna örnek olarak verilebilir. Bu durumdaki bir öğrencinin kavramlar arasındaki sınırları net olarak göremediği yorumu yapılabilir. Burada öğrenme açısından önemli olan nokta; bir kavramın ne olduğunun bilinmesinin yanında, ne olmadığına da öğrenci tarafından bilinmesi gerektiğidir. Böyle bir durumdaki öğrenci için yapılabilecek diğer bir yorum; öğrencinin özkütle kavramını bildiği, ancak özağırlık kavramını bilmediğinden dolayı, özağırlık kavramı sorulduğunda zihninde önceden var olan özkütle kavramının çağrıştırılarak bunun kullanıldığdır. Peters’in başarılı öğrencilerle yaptığı çalışmasında da yorumladığı gibi, “bir kavramın ne olduğunun bilinmemesi çok fazla problem olmayabilir, ancak o kavramın ne olmadığına bilinmemesi problem olabilir. Kavramların yerinde kullanılıp kullanılmaması arasındaki sınırlar, pek çok öğrenci için çok fazla karışık olmalıdır” (Aktaran: Maloney ve Siegler, 1993).

Öğrencilerin bir kavramı öğrenmelerine dair şu altı yol içerisinde geçtikleri söylenebilir:

1-Bir kavram doğru olarak öğrenilmiştir ve bu diğer etkinlikler süresince de doğru olma niteliğini, kurulan çatıda korur. Bu durumda öğrencinin kurmuş olduğu çatının doğru, hatta mükemmel olduğu söylenebilir. Ancak bu tür çatılar çok nadir gözlenmektedir.

2-Bir kavram başlangıçta doğru olarak öğrenilmiştir ancak diğer etkinlikler süresince kurulan çatı içerisinde bazen doğru bazen de yanlış algılamalar olarak kullanılmaya devam eder.

3-Bir kavram başlangıçta doğru olarak öğrenilmiştir ancak diğer etkinlikler süresince öğrenme yanlış algılama olarak kurulan çatı içerisinde yer almaya başlar.

4-Bir kavram başlangıçta öğrenilmemiştir ancak diğer etkinlikler süresince kurulan çatı içerisinde bazen doğru bazen de yanlış algılamalar olarak kullanılmaya devam eder.

5-Bir kavram başlangıçta öğrenilmemiştir ancak diğer etkinlikler süresince öğrenme doğru algılama olarak kurulan çatı içerisinde yer almaya başlar.

6-Bir kavram başlangıçta öğrenilmemiştir ve diğer etkinlikler süresince de öğrenme gerçekleşmemiştir. Bu durumun gözlenme olasılığı mükemmel bir çatıya sahip olmak kadar azdır.

Öğrencilerin kavram çarklarındaki kavramlar arasındaki ilişkiler için yazdıkları ifadeler incelendiğinde, bu ifadeler ile öğrencilerin akademik başarıları arasında bir ilişki olduğu görülmüştür. Öğrencilere yöneltilen sorulara doğru cevap verenlerin, kavram çarklarında da kavramlar arasındaki ilişkileri doğru olarak ifade ettikleri gözlenmiştir.

Öğrencilerin sosyo ekonomik düzeyleri ile kavramları algılama ve geliştirme seviyeleri arasında bir ilişkinin var olduğu görülmektedir. Sosyo ekonomik düzeyi yüksek olan öğrenciler, sosyo ekonomik düzeyi düşük olan öğrencilere göre kavramlar arasında daha nitelikli ve daha çok sayıda ilişki tanımlamışlardır. Bunun nedeni; öğrenci velilerinin, eğitime verdikleri önemden ve öğrencilerin ileri seviyede öğrenimlerine devam etmelerini destekleyen görüşlerinden kaynaklanıyor olabilir.

Kavram çarkında kurulan basit cümlelerde genel olarak tanımların yada ifadelerin doğru olarak yazıldığı gözlenmesine karşın, öğrencilerin daha karmaşık cümleler kurarak tanımları veya ifadeleri anlatmaya çalıştıklarında, yanlış algılamaların ortaya çıktığı görülmüştür.

Yine de kavram çarklarında ifadelerin anlatılmasında en büyük problem olarak; öğrencilerin bildikleri kavramsal ilişkileri sözel olarak söylemeleri ve bunu

yazıya dökmedeki başarısızlıkları gösterilebilir. Yani öğrenciler zihinsel açıdan bildiklerini sözlü ve yazılı olarak ifade etmede bazen yetersiz kalmışlardır.

Sonuç olarak; birçok fizik konusu ile ilgili kavram yanlışlarının tespiti üzerine yapılan oldukça geniş bir literatür günümüzde mevcuttur. Birçok araştırmacı, öğrencilerin kavram yanlışlarının sebepleri ve giderilmesi konusunda çalışmalar yapmıştır. Öğrencilerin mevcut çatıları içerisinde kavramlar arasındaki ilişkileri nasıl kurarak bu kavram yanlışlarına sahip olduklarının belirlenmesi, bu çeşit kavram yanlışlarının hiç oluşmaması yönünde önemli bilgiler verebilir. Eğer öğrencilerin kavramlar arası ilişkileri nasıl kurarak alternatif çatıları elde ettiklerini anlayabilir isek bu kavram yanlışlarının oluşmaması için eğitimciler olarak nelere dikkat etmemiz gerektiği konusunda değerli bilgilere sahip olabiliriz.

Alternatif çatıların oluşmasını en aza indirebilmek için eğitimciler, konu ile ilgili açıklamaları öğrencinin mevcut olan en temel ve doğru çatıları üzerine tedrici olarak yapmalı ve böylece öğrencilerin doğru çatılar kurmalarına yardım etmelidir. Fizik dersleri işlenirken mutlaka öğrencilerin alternatif çatılarına meydan okuyacak türden sorular sorulmalıdır. Bu sayede öğrenciler alternatif çatıları ile karşı karşıya getirilerek bunlarda bir değişikliğe gerek olup olmadığına karar verebilecekleri bir ortam içine sokulmalıdır. Bu ortam içerisinde öğrencilerin yetersizlikleri ve çelişkileri görmeleri sağlanmalıdır.

Bir fizik konusu işlenirken, bu konu ile ilgili bir önceki konuda yer alan öğretim açısından kritik öneme sahip kavramlardan yola çıkılmalıdır. Öğrencinin zihninde yapılandırılmış tutarlı ve doğru olarak işleyen mevcut çatısı uyarılarak aktif hale getirildiğinde yeni bilginin bu çatı içerisinde yapılandırılması kolaylaştırılmış olunur.

Fizik problemlerinin çözümünde kullanılan string'ler sürekli olarak tekrar edilmeli ve bu sayede bunların öğrenci zihninde etiket bilgi olarak kodlanmasına yardımcı olunmalıdır.

Bir kavramın kalıcılığını artırabilmek için bu kavram ile diğer kavramlar arasında mümkün olduğunca fizik bilimi açısından doğru kabul edilen ilişkiler öğrenciye buldurulmalıdır. Bu da öğrencinin öğrenmeye aktif katılımı ile sağlanabilir. Öğrenciler kavramlar arası ilişkileri kurarken bu kavramlar arasındaki benzerlikler kadar farklılıklar üzerinde de durulmalıdır. Bu sayede öğrencilerin kavram kargaşası yaşayarak kavram yanılgıları üretmelerinin önüne geçilebilir.



KAYNAKÇA

- ANDERSSON, Björn (1986). *The experiential gestalt of causation: a common core to pupils' preconceptions in science*. **European Journal of Science Education**, 8 (2), 155-172.
- ATASOY, Basri (2002). **Fen Öğrenimi ve Öğretimi**, Ankara: Gündüz Eğitim ve Yayıncılık.
- BLISS, Joan, I. MORRISON ve J.OSBORN (1988). *A longitudinal study of dynamics concepts*. **International Journal of Science Education**, 10, 99-110.
- CANPOLAT, Nurtaç ve Tacettin PINARBAŞI, (2002). *Fen Eğitiminde Kavramsal Değişim Yaklaşımı-I: Teorik Temelleri*. **Kastamonu Eğitim Dergisi**, 10, 59-66.
- CANSÜNGÜ KORAY, Özlem ve Şenol BAL (2002). *Fen Öğretiminde Kavram Yanılgıları ve Kavramsal Değişim Stratejisi*. **Kastamonu Eğitim Dergisi**, 10, 83-90.
- CARAVITA, Silvia ve Ola HALLDÉN. (1994). *Re-framing the problem of conceptual change*. **Learning and Instruction**, 4, 89-111.
- CAREY, Susan. (1986). *Cognitive Science and Science Education*. **American Psychologist**, 41, 10, 1123-1130.
- CHAMPAGNE, Audrey B. ve başk. (1981). *Structural representations of students' knowledge before and after science instruction*. **Journal of Research in Science Teaching**, 18 (2), 97-111.
- COŞKUN, Mahinur K. (1999). **Öğeleri Belirleme Kuramına Dayalı Kavram Öğretiminin Akademik Başarı Ve Kalıcılığa Etkisi**. Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Adana, Doktora Tezi.

DE POSADA, José Maria. (1997). *Conceptions of high school students concerning the internal structure of metals and their electric conduction: structure and evolution*. **Science Education**, **81**, 445-467.

DRIVER, Rosalind. (1989). *Students' conceptions and learning of science*. **International Journal of Science Education**, **11**, special issue, 481-490.

DRIVER, Rosalind ve J. EASLEY. (1978). *Pupils and paradigms: a review of literature related to concept development in adolescent science students*. **Studies in Science Education**, **5**, 61-84.

DRIVER, Rosalind. ve V. OLDHAM. (1986). *A constructivist approach to curriculum development in science*. **Studies in Science Education**, **13**, 105-122.

DRIVER, Rosalind ve başk. (1994). *Young people's understanding of science concepts: implications of cross-age studies for curriculum planning*. **Studies in Science Education**, **24**, 75-100.

DUIT, Reinders ve başk. (1998). *Conceptual change cum discourse analysis to understand cognition in a unit on chaotic systems: towards an integrative perspective on learning in science*. **International Journal of Science Education**, **20**, 1059-1073.

DUMBRILL, Derek ve G. BIRLEY. (1987). *Secondary school pupils understandings of some key physics concepts*. **Research in Education**, **37**, 47-59.

DYKSTRA, Dewey I., C. F. BOYLE ve I. A. MONARCH. (1992). *Studying conceptual change in learning physics*. **Science Education**, **76**, 615-652.

EDMONDSON, Katherine M. (1995). *Concept mapping for the development of medical curricula*. **Journal of Research in Science Teaching**, **32** (7), 777-793.

GILBERT, John K. ve D. J. SWIFT. (1985). *Towards a Lakatosian analysis of the Piagetian and alternative conceptions research programs*. **Science Education**, **69** (5), 681-696.

GILBERT, John K. ve D. M. WATTS. (1983). *Concepts, misconceptions and alternative conceptions: changing perspectives in science education*. **Studies in Science Education**, **10**, 61-98.

GILBERT, John K., R. J. OSBORNE, ve P. J. FENSHAM. (1982). *Children's Science and its Consequences for Teaching*. **Science Education**, **66**, 623-633.

GUISASOLA, Jenaro ve başk. (2002). *The Evolution of the Concept of Capacitance Throughout the Development of the Electric Theory and Understanding of its Meaning by University Students*. **Science and Education**, **11**, 247-261.

HALLOUN, Ibrahim Abou ve D. HESTENES. (1985). *The initial knowledge state of college physics students*. **American Journal of Physics**, **53**, 1043-1055.

HAWKINS, David. (1978). *Critical barriers in science learning*. **Outlook**, **29**, 3-22.

HENNESSY, Sara. (1993) *Studied cognition and cognitive apprenticeship: implications for classroom learning*. **Studies in Science Education**, **22**, 1-41.

HEWSON, Peter ve M. HEWSON. (1984). *The role of conceptual conflict in conceptual change and the design of science instruction*. **Instructional Science**, **13**, 1-13.

HEWSON, Peter W. ve M. HEWSON. (1992). *The conditions of conceptual change in the classroom*. **International Journal of Science Education**, **11**, 541-553.

HODGSON, Anthony M. (1992). *Hexagons for systems thinking*. **European Journal of Operational Research**, **59**, 1, 220-230.

JOHNSON, Philip M. ve R. GOTT. (1996). *Constructivism and evidence from children's ideas*. **Science Education**, **80** (5), 561-577.

KAISER, Mary K., M. McCLOSKEY ve D. R. PROFFITT. (1986). *Development of intuitive theories of motion: curvilinear motion in the absence of external forces*. **Developmental Psychology**, **22**, 67-71.

KALYONCU Celâlettin ve Yaşar ÇAKMAK. (2002). **Fizik Lise 1**, İstanbul: Milli Eğitim Basımevi.

KIRBAŞ, Melda. (1997). **Fizik 1**, Basım A. Ş. Web Ofset Tesisleri, Bem-Koza Eğt. Bas. Yay. Ltd. Şti.

LAWLESS, Clive. (1994). *Investigating the cognitive structure of students studying quantum theory in an Open University history of science course: a pilot study*. **British Journal of Educational Technology**, **25** (3), 198-216.

LAWLESS, Clive, P. Smee ve T. O'Shea (1998). *Using concept sorting and concept mapping in business and public administration, and in education: an overview*. **Educational Research**, **40** (2), 1998.

LINDER, Cedric. J. (1993). *A challenge to conceptual change*. **Science Education**, **77**, 293-300.

MALONEY, David. P. ve R. S. SIEGLER. (1993). *Conceptual competition in physics learning*. **International Journal of Science Education** , **15**, 283-295.

MORTIMER, Eduardo Fluery. (1995). *Conceptual change or conceptual profile change?* **Science ve Education**, **4**, 267-285.

OSBORNE, Roger ve J. K. GILBERT. (1980a). *A method for investigation of concept understanding in science*. **European Journal of Science Education**, 2 (3), 311-321.

OSBORNE, Roger ve J. K. GILBERT. (1980b). *A technique for exploring students' views of the world*. **Physics Education**, 15 (6), 376-379.

PETRI, Juergen ve H. NIEDDERER. (1998). *A learning pathway in high-school level quantum atomic physics*. **International Journal of Science Education**, 20, 1075-1088.

PINTRICH, Paul. R., R. W. MARX ve R. A. BOYLE. (1993). *Beyond cold conceptual change: the role of motivational beliefs and classroom contextual factors in the process of conceptual change*. **Review of Educational Research**, 63, 167-199.

POPE, Maureen ve J. GILBERT. (1983). *Personal experience and construction of knowledge in science*. **Science Education**, 67, 193-203.

RONNING, Royce R., D. McCURDY ve R. BALLINGER. (1984). *Individual differences: a third component in problem – solving instruction*. **Journal of Research in Science Teaching**, 21 (1), 71-82.

SERWAY, Raymond A. (1995). **Fen ve Mühendislik İçin Fizik**. (Çev. Ed. Kemal Çolakoglu), Ankara: Palme Yayıncılık.

SHIPSTONE, David M. ve başk. (1989). *A study of students' understanding of electricity in five European countries*. **International Journal of Science Education**, 10 (3), 303-316.

SMITH, Peter J., A. A. DI SESSA ve J. ROSCHELLE. (1993). *Misconcpual reconceived: a constructivist analysis of knowledge in transition*. **The Journal of Learning Sciences** , 3, 115-163.

SOLOMON, Joan. (1984). *Alternative views of energy*. **Physics Education**, **19**, 56.

STARR, Mary L. ve J. S. KRAJCIK. (1990). *Concept maps as a heuristic for science curriculum development: toward improvement in process and product*. **Journal of Research in Science Teaching**, **27** (10), 987-1000.

TABER, Keith. S. (1995a). *An analogy for discussing progression in learning chemistry*. **School Science Review** , **76** (276), 91-95.

TABER, Keith. S. (1995b). *Development of Student Understanding: A Case Study of Stability and Lability in Cognitive Structure*. **Research in Science & Technological Education**, **13**, 87-97.

TABER, Keith. S. (2000). *Multiple frameworks? Evidence of manifold conceptions in individual cognitive structure*. **International Journal of Science Education**, **22**, 399-417.

TABER, Keith. S. (2001). *Shifting sands: a case study of conceptual development as competition between alternative conceptions*. **International Journal of Science Education**, **23**, 731-753.

TABER, Keith. S. ve M. WATTS. (1997). *Constructivism and concept learning in chemistry perspectives from a case study*. **Research in Education**, **58**, 10-20.

TROCHIM, Willian. (1989a). *An introduction to concept mapping for planning and evaluation*. **Evaluation and Program Planning**, **12** (1), 1-16.

TROCHIM, Willian. (1989b). *Concept mapping: soft science or hard art?.* **Evaluation and Program Planning**, **12** (1), 87-110.

TYTLER, Russell. (1998). *The nature of students' informal science conceptions*. **International Journal of Science Education**, **20**, 901-927.

VIENNOT, Laurance. (1979). *Spontaneous reasoning in elementary dynamics*. **European Journal of Science Education**, 1, 205-222.

VIENNOT, Laurance. (1985). *Analyzing students' reasoning: tendencies in interpretation*. **American Journal of Physics**, 53, 432-436.

VON GLASERFELD, Ernst. (1989). *Cognition, construction of knowledge and teaching*. **Synthese**, 80, 121-140.

VOSNIADOU, Stella. (1992). *Knowledge acquisition and conceptual change*. **Applied Psychology: an International Review**, 41, 347-357.

WALLACE, Josephine D. ve J. J. MINTZES. (1990). *The concept map as a research tool: exploring conceptual change in biology*. **Journal of Research in Science Teaching**, 27 (10), 1033-1052.

WANDERSEE, James. H.(1990). *Concept mapping and the cartography of cognition*. **Journal of Research in Science Education**, 27, 923-936.

WATSON, Rod J., T. PRIETO, ve J. S. DILLON. (1997). *Consistency of students' explanations about combustion*. **Science Education**, 81 (4), 425-443.

WATTS, D. Michael. (1982). *Gravity – don't take it for granted!*. **Physics Education**, 17, 116-121.

WATTS, D. Michael ve J. GILBERT. (1983). *Enigmas in school science: students' conceptions for scientifically associated words*. **Research in Science and Technological Education**, 1, 161-171.

WATTS, Michael. (1983a). *A study of schoolchildren's alternative frameworks of the concept of force*. **European Journal of Science Education**, 5, 217-230.

WATTS, Michael. (1983b). *Some alternative views of energy*. **Physics Education**, **18**, 213-217.

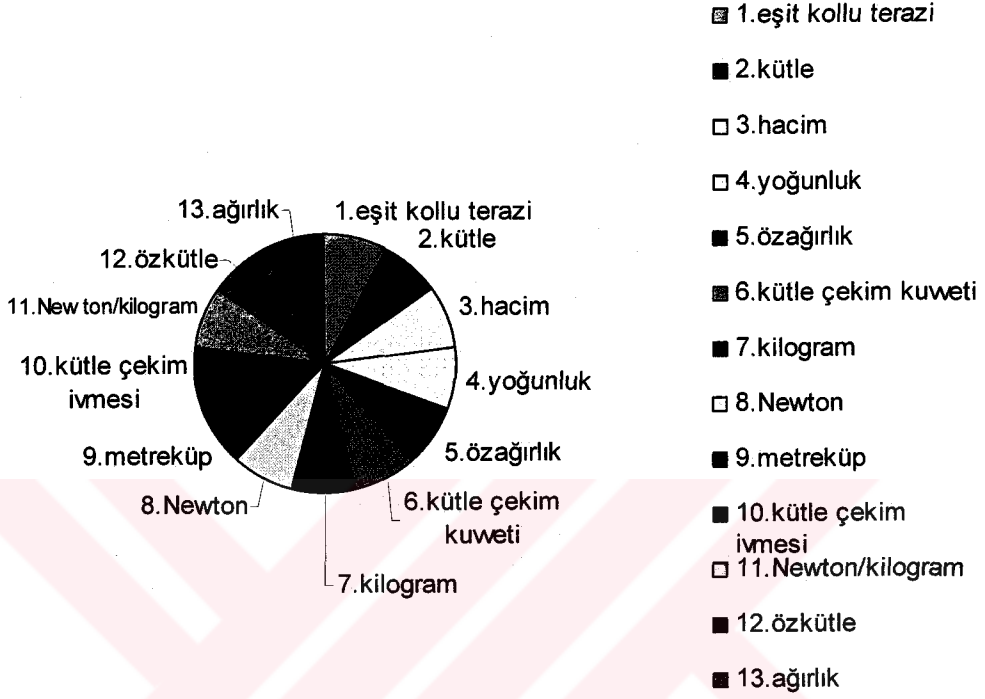




EKLER

Ek-1

**ETKİNLİK 1: MADDE VE ÖZELLİKLERİ İLE İLGİLİ
KAVRAM ÇARKI**



Yukarıda verilen kavramlardan bir ya da birkaçını ilişkili olan diğer bir kavramla ilişkilendiriniz ve bunların ilişki derecesini yazınız.

Ek-2**ETKİNLİK 2: MADDE VE ÖZELLİKLERİ İLE İLGİLİ KAVRAM SINIFLANDIRMASI**

Aşağıda verilmiş olan kavramları sınıflandırınız ve herbir kavram sınıfına bir başlık veriniz.

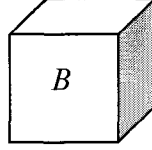
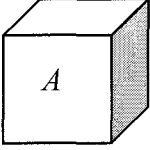
Kütle, hacim, yoğunluk, gaz, kütle çekim ivmesi, özkütle, eylemsizlik, madde, sıvıların özkütlesi, geometrik biçimli cisimlerin hacimleri, ağırlık, katı, düzgün olmayan cisimlerin hacimleri, eşit kollu terazi, sıvıların hacimleri, Newton, gazların hacimleri, kütle çekim kuvveti, katıların özkütlesi, basınç, sıcaklık, sıvı, gazların özkütlesi, sıvıların kütlesi, katıların kütlesi, gazların kütlesi, katıların hacmi.



Ek-3

ETKİNLİK 3: MADDE VE ÖZELLİKLERİ İLE İLGİLİ SORULAR

1-Uzayda kapladıkları yer ve şekilleri aynı olan A ve B blokları için aşağıdakilerden hangisini veya hangilerini söyleyebilirsiniz?



- a-Kütleleri eşittir.
- b-Yoğunlukları eşittir.
- c-Hacimleri eşittir.
- d-Her ikisi de su dolu kaba atıldığında taşırdıkları su miktarı eşittir.

2-Bir maddenin özkütlesi ve öz ağırlığı değişebilir mi? Değişiyorsa nasıl değişir?

.....

.....

.....

3-Kütlesi 36000 kg olan bir bakır kürenin yoğunluğu 9 kg/m^3 ise bu kürenin yarıçapı kaç m'dir? ($\pi = 3$ alınız.)

4-Bir cismin kütlesini değiştirmeden ağırlığını değiştirmek isterseniz ne yaparsınız?

.....

.....

.....

5-Kütlesi sabit kalmak şartıyla bir maddenin öz kütlesinin değişip değişmeyeceğini, değişiyor ise hangi şartlarda değişebileceğini yazınız.

.....

.....

.....

6-Dünyada kütlesi 60 kg, hacmi 5 m^3 olan bir cismin yerin çekim ivmesinin $1/6$ 'sı değerine sahip Ay'da öz ağırlığı nedir?

7-Yerçekimi ile ilgili aşağıdakilerden hangisi doğrudur?

- a-Yerçekimi, cisimlere sadece düşerken etki eder.
- b-Yerçekimi, cisimlere her zaman etki eder.
- c-Yerçekimi, cisimlere sadece havada iken etki eder.

d-Yerçekimi, cisimlere sadece yerde iken etki eder.

e-Diğer:

8-Eylemsizlik;

a-Cismin hızındaki değişme miktarıdır.

b-Cismin durumunu koruma isteğidir.

c-Cismin enerjisidir.

d-Cismi hareket ettiren kuvvettir.

e-Cisme etkiyen sürtünme kuvvetidir.

f-Diğer;

9-Dünyada kütlesi 6 kg, ağırlığı 60 N, hacmi 3 m^3 gelen Hasan'ın; Ay'daki büyüklükleri nasıl olur? (Ay'ın çekim ivmesi Dünya'dakinin 6'da birine eşittir.)

a-Kütlesi 6 kg'dır.

b-Ağırlığı 60 N'dur.

c-Hacmi 3 m^3 'tür.

d-Kütlesi 1 kg'dır.

e- Ağırlığı 10 N'dur.

f- Hacmi $0,5 \text{ m}^3$ 'tür.

g- Kütlesi 36 kg'dır.

h- Ağırlığı 360 N'dur.

i- Hacmi 18 m^3 'tür.

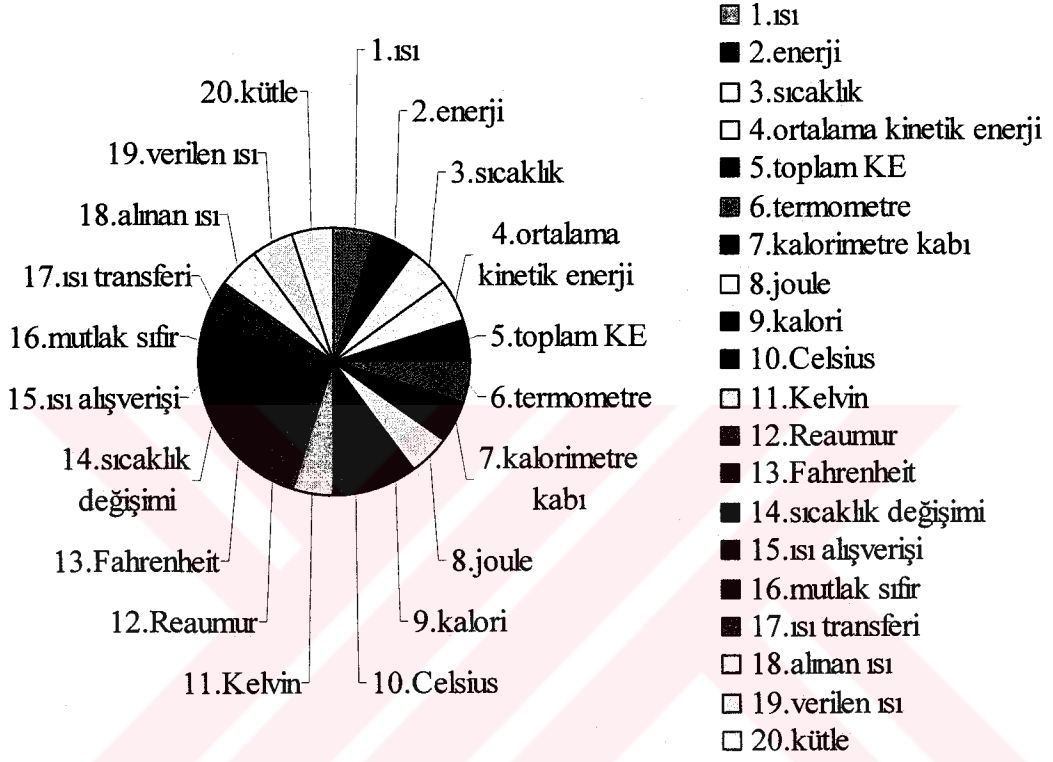
Ek-4**ETKİNLİK 4: ISI VE SICAKLIK İLE İLGİLİ SORULAR**

Isı ve sıcaklık nedir? Tanımlayınız.



Ek-5

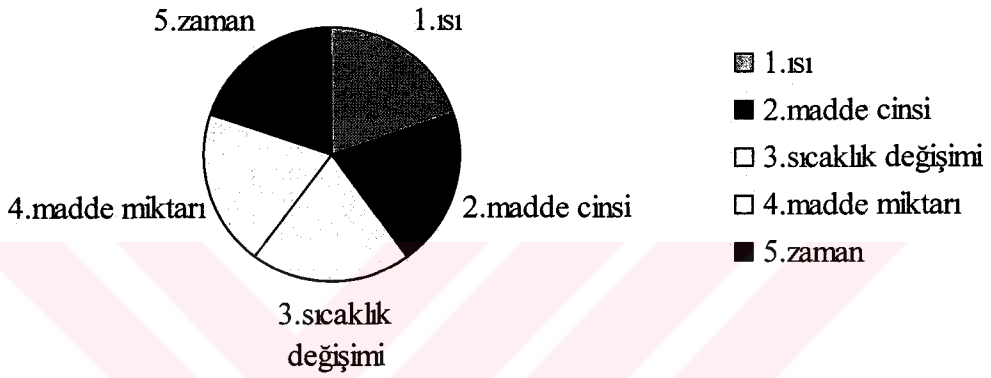
ETKİNLİK 5: ISI VE SICAKLIK İLE İLGİLİ KAVRAM ÇARKI



Yukarıda verilen kavramlardan bir ya da birkaçını ilişkili olan diğer bir kavramla ilişkilendiriniz ve bunların ilişki derecesini yazınız.

Ek-6

**ETKİNLİK 6: ISITILAN BİR MADDEYE VERİLEN
ENERJİ İLE İLGİLİ KAVRAM ÇARKI**



Yukarıda verilen kavramlardan bir ya da birkaçını ilişkili olan diğer bir kavramla ilişkilendiriniz ve bunların ilişki derecesini yazınız.

Ek-7**ETKİNLİK 7: ISI VE SICAKLIK İLE İLGİLİ KAVRAM
SINIFLANDIRMASI**

Aşağıda verilmiş olan kavramları sınıflandırınız ve herbir kavram sınıfına bir başlık veriniz.

Isı, enerji, sıcaklık, ortalama kinetik enerji, toplam kinetik enerji, termometre, kalorimetre kabı, joule, kalori, Celsius, hal değişimi, basınç, özkütle, Kelvin, madde cinsi, Reaumur, madde miktarı, Fahrenheit, sıcaklık değişimi, ısı alışverişi, mutlak sıfır, ısı transferi, alınan ısı, verilen ısı, kütle.



Ek-8

ETKİNLİK 8: ISI VE SICAKLIK İLE İLGİLİ SORULAR-1

1-100 g suyu 1 dakika süre ısıttığımızda sıcaklığı 10°C artıyor ise bir litre suyun 3 dakika ısıtılması sonucunda ona verilmesi gereken ısı miktarı kaç kalori'dir?
($c_{\text{su}}=1 \text{ cal/g}^{\circ}\text{C}$)

2-İki cisme eşit miktarda ısı verildiğinde, her ikisinin de sıcaklığının eşit miktarda arttığı gözleniyor. Bu iki cismin aşağıdaki hangi özellikleri kesin olarak aynıdır? Neden?

- a-Öz ısısı
- b-Kütlesi
- c-Isı sığası

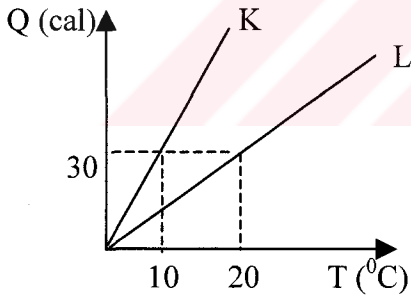
.....

.....

.....

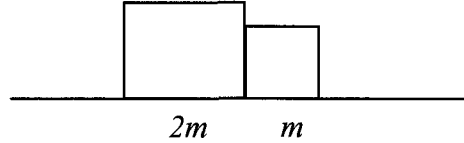
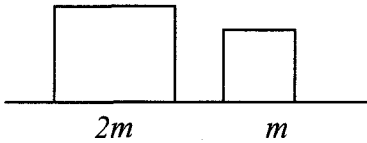
.....

3-Eşit kütleli cisimlerin ısı-sıcaklık grafiği şekildeki gibidir.



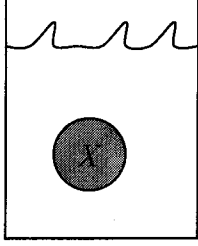
Bu cisimlerin öz ısılarının c_K/c_L oranı kaçtır?

4- Isıca yalıtılmış ortamdaki sıcaklıkları farklı olan, aynı cins $2m$ ve m kütleli iki cismin teması sağlanıyor. Bu iki cisim için aşağıdakilerden hangileri kesinlikle aynıdır?



- a-Cisimlerin temas ettiği yüzeylerindeki ısı değişimleri eşit olur.
- b-Sıcaklık değişimleri eşit olur.
- c-Son sıcaklıkları eşit olur.

5- X katı cismi $+4^{\circ}\text{C}$ 'deki su içinde şekildeki gibi dengededir. Kapta bulunan su soğutulduğunda aşağıdaki hangi olaylar gerçekleşir? Nedenlerini yazınız.



SU

- a- X cismi kabın tabanına bataabilir.
- b- X cisminin hacminin bir kısmı su dışında kalacak şekilde yüzebilir.
- c- Suyun yoğunluğu artabilir.

Ek-9

ETKİNLİK 9: ISI VE SICAKLIK İLE İLGİLİ SORULAR-2

1-Özkütlesi $0,8 \text{ g/cm}^3$ ve özısıısı $0,6 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$ olan alkolün, 100 cm^3 'ünün sıcaklığını 20°C 'den 70°C 'ye kadar artırmak için verilmesi gereken enerji kaç kalori'dir?

2-Ali 1 litre suyun Aksaray'da 100°C 'de kaynadığını ölçmüştür. Ali, bu 1 litre suyu, Ay'da Dünyadaki gibi basınçlı bir ortama koyarak aynı ısıtıcı ile ısıtmaktadır.

a-Bu durumda su kaynar mı?

b-Kaynarsa kaç $^\circ\text{C}$ 'de kaynar? Nedenini açıklayınız.

c-Eğer kaynama olayı gerçekleşmez ise nedenini açıklayınız.

3-Yerin çekim ivmesinin 10 N/kg olduğu bir yerde ağırlığı 30 N olan alüminyum bloğun sıcaklığını 5°C değiştirmek için, alüminyum bloğa verilmesi gereken ısıyı bulunuz? (Alüminyumun özısıısı $0,2 \text{ cal/kg}^\circ\text{C}$ 'dir.)

4-Ayşe 2 kg suyu ocağa ısınmaya koyuyor ve onu ocakta unutuyor. Bir saat sonra geldiğinde ocakta çok az bir miktar suyun kaldığını görüyor. Kalan suyu tarttığında 500 g olarak okuyor. Buna göre;

a-Su neden 2 kg 'dan 500 g 'a düşmüştür?

b-Kütle farkı olan 1500 g 'a ne olmuştur?

c-Suyun hacmi için ne söyleyebilirsiniz?

(Suyun özısıısı $1 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$ 'dir.)

5-Yarıçapı 10 cm ve yoğunluğu 9 g/cm^3 olan bir bakır kürenin sıcaklığını 40°C değiştirmek için bakır küreye verilmesi gereken enerji miktarı kaç kalori'dir? (Bakırın özısıısı $0,09 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$ 'dir. $\pi=3$ olarak alınız.)

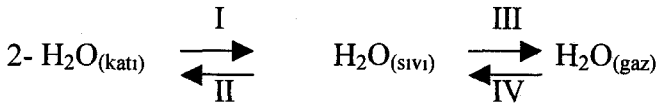
6-Dünyada; kütlesi 1 kg , özısıısı $1 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$ olan su 30 dakikada kaynıyor. Aynı suyu Ay'a götürdüğümüzde ve Dünyadaki ısı miktarını Ayda verdiğimizde su kaç dakikada kaynar? (Ay'da basıncın sabit tutulduğu ve Dünya'dakine benzer izole bir ortamda suyun kaynadığı düşünülecektir.)

Ek-10

ETKİNLİK 10: ISI VE SICAKLIK İLE İLGİLİ SORULAR-3

1- X, Y ve Z sıvılarından eşit kütleler alınarak kapalı bir kaptaki ısıtılıyor. Karışımın ısıtılması sırasında, buhar fazında yüzdece X'in en fazla bulunduğu görülüyor. Buna göre aşağıdakilerden hangileri kesinlikle doğrudur?

- a- Uçuculuğu en fazla X' tir.
- b- Z'nin moleküller arası çekim kuvveti en fazladır.
- c- Sıvı fazda en az bulunan Y'dir.
- d- X' in moleküller arası çekimi en azdır.

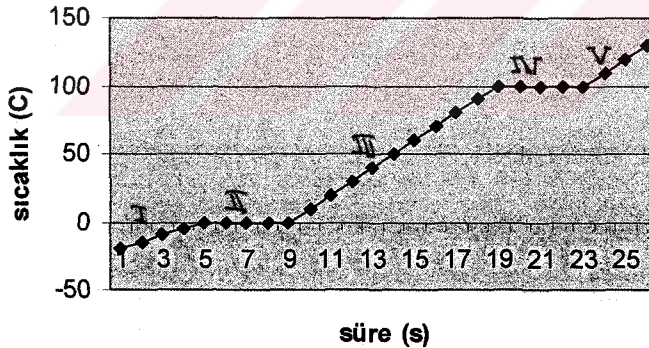


Saf suyun hal değişimleri yukarıdaki denklem üzerinde oklarla gösterilmiştir. Bu hal değişimleri için aşağıdaki boşlukları doldurunuz.

- a-Potansiyel Enerji, III'de I'e göre.....
- b-Düzensizlik, II'de IV'e göre.....
- c-Moleküller arası çekim kuvveti, III'de I'e göre daha.....

3-

Suyun Hal Değişim Grafiği



Yandaki grafik saf suyun açık bir sistemdeki hal değişimini göstermektedir. Buna göre aşağıdaki yargılardan hangileri doğrudur?

- a-II durumundaki moleküller arasındaki çekim kuvvetini zayıflatmak için verilen enerji IV'dekinden fazladır.
- b-V'deki moleküllerin Kinetik Enerji en fazladır.
- c-IV'deki moleküllerin Potansiyel Enerjisi, II'deki moleküllerin sahip olduğu Potansiyel Enerjisinden fazladır.
- d-I'deki moleküllerin düzensizliği en fazladır.
- e-Bu su ısıtıldıkça I durumuna göre V durumunda hacmi artmıştır.
- f- Bu su ısıtıldıkça I durumuna göre V durumunda kütlesi artmıştır.
- g-I, II, III, IV ve V durumunda suyun özkütlesi sabittir.
- h- I, II, III, IV ve V durumunda, suyu oluşturan moleküllerin kimyasal yapısı bozulmuştur.
- i- I, II, III, IV ve V durumunda, suyu oluşturan moleküller arası uzaklık aynıdır.

4-0 $^{\circ}\text{C}$ 'de m gram su ile 0 $^{\circ}\text{C}$ 'de m gram buzun aşağıdaki hangi özellikleri aynıdır?

a-Hacimleri

b-Moleküler arası çekim kuvveti

c-Molekül sayıları

d-Moleküllerin sahip olduğu Potansiyel Enerji

e-Isı sığaları

f-Kütleleri

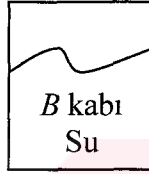
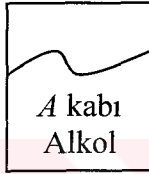
5-0 $^{\circ}\text{C}$ 'de m gram buzun tamamı eriyerek 0 $^{\circ}\text{C}$ 'de su haline geçerken aşağıdaki özellikleri nasıl değişir?

a-Özkütle

b-Hacim

c-Potansiyel Enerji

6-



Yukarıdaki A kabında 50 $^{\circ}\text{C}$ 'de alkol ve B kabında 50 $^{\circ}\text{C}$ 'de su bulunmaktadır. Alkolün kaynama noktası 80 $^{\circ}\text{C}$, suyun ise 100 $^{\circ}\text{C}$ 'dir. Buna göre aşağıdaki yargılardan hangileri doğrudur?

a-Alkolü oluşturan moleküllerin her birinin Kinetik Enerjisi birbirinin aynıdır.

b-Suyu oluşturan moleküllerin her birinin Kinetik Enerjisi birbirinden farklı olabilir.

c-Alkolü oluşturan moleküllerin Toplam Kinetik Enerjisinin artması onun ısı aldığını gösterir.

d-Suyu oluşturan moleküllerin Ortalama Kinetik Enerjisinin artması onun sıcaklığının arttığını gösterir.

Ek-11

Deney No: 1

Deneyin Adı: Sıcak ve soğuk cisimlerin teması sonucunda karışımın son sıcaklığının incelenmesi

Deneyin Amacı: Eşit kütleli sulardan birini ısıtıp diğeri ile karıştırıldığında karışımın son sıcaklığının ne olacağının incelenmesi

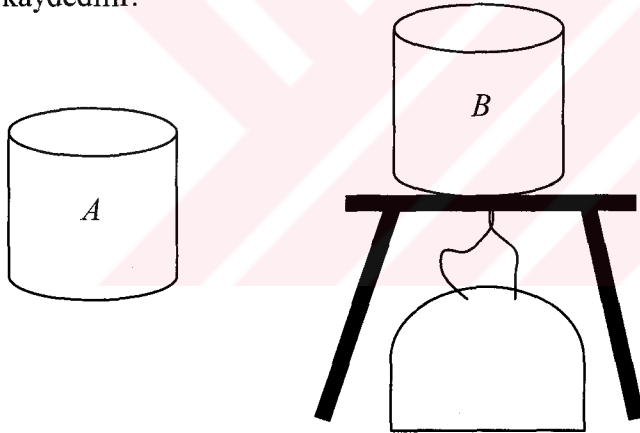
Araç Gereçler:

- 2 adet termometre
- 2 adet dereceli silindir
- 1 adet ısıtıcı (ispirto ocağı)
- 1 adet üçayak
- 2 adet beher glas

su

Deneyin Yapılışı:

- 1-Dereceli silindirlere 100'er ml su konulur.
- 2-Bu sular beher glaslara konulur ve bunların ilk sıcaklıkları termometre ile ölçülür ve aşağıdaki tabloya kayıt edilir.
- 3-Bunlardan bir tanesi ısıtmaya başlanır. 10 dakika sonra sıcaklığı ölçülür ve kaydedilir.



Şekil 1. 1. Sıcaklıkları farklı eşit kütlelerdeki suları gösteren şekil.

- 4-Isıtılan su ve ısıtılmayan su karıştırılır. Karışımın son sıcaklığı ölçülür ve tabloya yazılır.

Isıtılmamış suyun sıcaklığı (A)	Isıtılmış suyun sıcaklığı (B)		Karışımın son sıcaklığı (A+B)
	İlk sıcaklık	Son sıcaklık	

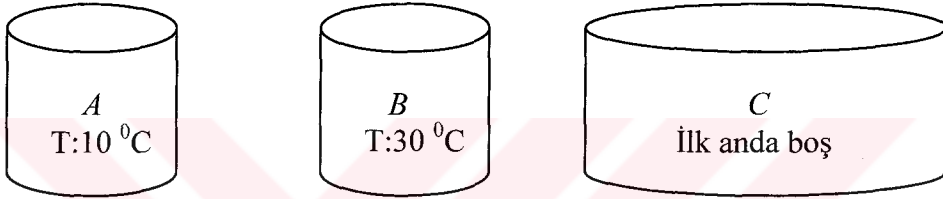
- 5-Tabloya bakarak karışımın son sıcaklığı hakkında ne söyleyebilirsiniz?

6-Karışımın son sıcaklığı; ısıtılmamış suyun sıcaklığından büyük mü, küçük müdür?

7-Karışımın son sıcaklığı; ısıtılmış suyun son sıcaklığından büyük mü, küçük müdür?

8-Eşit kütleli aynı cins maddeler karıştırıldığında son sıcaklıklarını bulmak için bir yöntem geliştirebilir misiniz?

Soru:



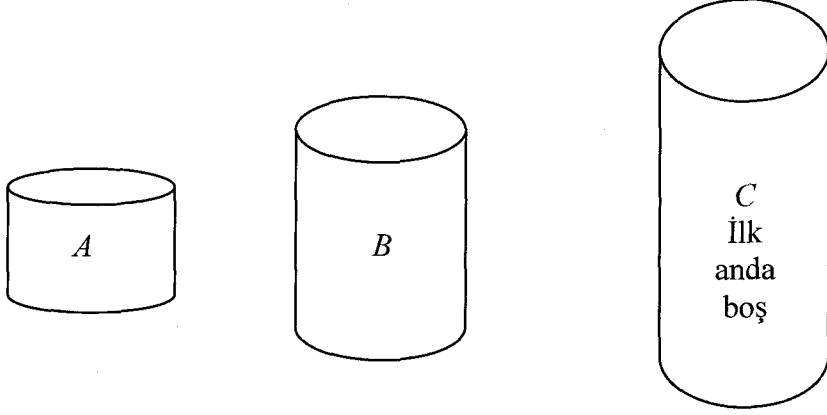
A ve B kaplarındaki eşit miktardaki sular C kabında birleştirildiğinde aşağıdaki gözlemlerden hangisi veya hangileri doğrudur?

- 1- Birinci kaptaki su ısı almış, ikinci kaptaki su ise ısı vermiştir.
- 2- Karışımın sıcaklığı 40°C 'dir.
- 3- Karışımın ısısı iki kabın ısıları toplamıdır.
- 4- Karışımın ısı değeri birinci kabın ısısından fazla, ikinci kabın ısısından düşük bir değerdedir.

- a) yalnız 1 b) yalnız 2 c) 1 ve 2 d) yalnız 3
e) 1 ve 3 f) yalnız 4 g) 1,2 ve 4 h) bunların dışında

Neden:.....
.....
.....
.....

Soru:



$T:10^{\circ}\text{C}$

$T:40^{\circ}\text{C}$

m kütleli A ve $2m$ kütleli B kaplarındaki sular C kabında birleştirildiğinde aşağıdaki gözlemlerden hangisi veya hangileri doğrudur?

- 1- Birinci kaptaki su ısı almış, ikinci kaptaki su ise ısı vermiştir.
- 2- Karışımın sıcaklığı 25°C 'dir.
- 3- Karışımın ısısı iki kabın ısıları toplamıdır.
- 4- Karışımın ısı değeri birinci kabın ısısından fazla, ikinci kabın ısısından düşük bir değerdedir.
- 5- Karışımın son sıcaklığı 40°C 'ye daha yakındır.
- 6- Karışımın son sıcaklığı 10°C 'ye daha yakındır.

Neden:.....

Ek-12

Deney No: 2

Deneyin Adı: Aynı miktarda ısınnın eşit kütlelerdeki sulara verildiğinde sıcaklık değişiminin incelenmesi

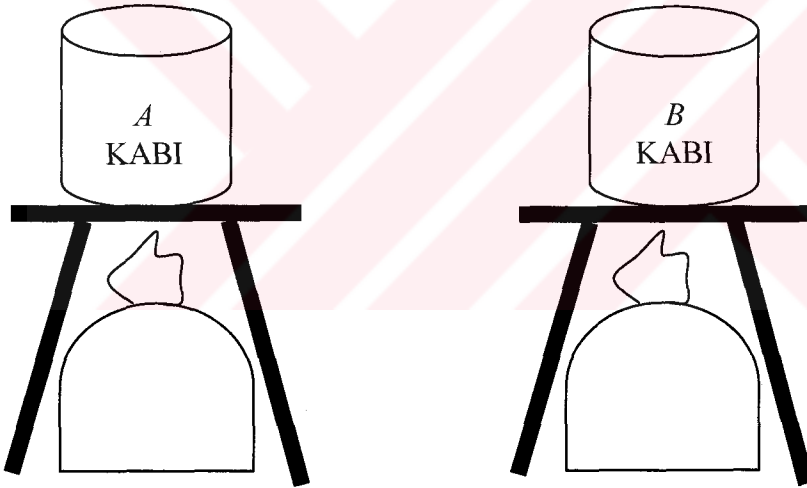
Deneyin Amacı: Eşit kütleli sulara aynı miktarda ısı verildiğinde sıcaklık artışının aynı olup olmadığını araştırmak

Araç Gereçler:

- 2 adet termometre
- 2 adet dereceli silindir
- 2 adet özdeş ısıtıcı (ispirto ocağı)
- 2 adet üçayak
- 2 adet beher glas
- su

Deneyin Yapılışı:

- 1-Dereceli silindir ile eşit miktarda (100'er ml) su ölçülür ve beher glassara konulur.
- 2-Bunların ilk sıcaklıkları termometre ile ölçülür ve kaydedilir.
- 3-Özdeş ısıtıcılarla bunlar ısıtılmaya başlanır.



Şekil 2.1. Aynı miktarda ısınnın eşit kütlelerdeki sulara verildiğini gösteren şekil.

- 4-Birer dakika aralıklarla suların sıcaklıkları ölçülür ve aşağıdaki tabloya kayıt edilir.

Süre	A kabı (100 ml su)		B kabı (100 ml su)	
Dakika	T_A	$\Delta T_A = T_2 - T_1$	T_B	$\Delta T_B = T_2 - T_1$
0				
1				
2				
3				
4				
5				
6				

Deneyin sonucu:

1- ΔT_A ve ΔT_B 'deki değerleri karşılaştırınız ve bulduğunuz sonucu aşağıya yazınız.

2- A ve B kaplarındaki sıcaklıkların zamana göre değişimini gösteren grafiği aşağıdaki milimetrik kağıt üzerine ziniz.

GRAFİK

3-Grafikte ne görüyorsunuz?

4-Her iki beher glastaki sıcaklık artışı aynı mıdır?

5-Deney sonunda bulduğunuz sonucu yazınız.

6-Su ktlelerinin sıcaklık artışı bunların ilk sıcaklığına bağlı mıdır?

Ek-13

Deney No: 3

Deneyin Adı: Aynı miktarda ısıнын farklı kütlelerdeki sulara verildiğinde sıcaklık değişiminin incelenmesi

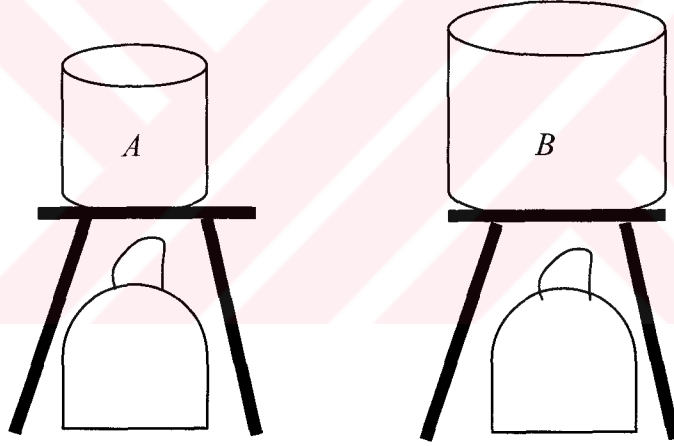
Deneyin Amacı: Sıcaklık artışının kütle miktarına bağlılığını incelemek

Araç Gereçler:

- 2 adet termometre
- 2 adet dereceli silindir
- 2 adet özdeş ısıtıcı (ispirto ocağı)
- 2 adet üçayak
- 2 adet beher glas
- su

Deneyin Yapılışı:

- 1-Dereceli silindirin birisine 100 ml, diğerine 200 ml olacak şekilde su konulur ve bunlar beher glassara boşaltılır.
- 2-Bunların ilk sıcaklıkları termometre ile ölçülür ve kaydedilir.
- 3-Özdeş ısıtıcılarla bunlar ısıtılmaya başlanır.



Şekil 3. 1. Aynı miktarda ısıнын farklı kütlelerdeki sulara verildiğini gösteren şekil.

- 4-Üçer dakika aralıklarla suların sıcaklıkları ölçülür ve aşağıdaki tabloya kayıt edilir.

Süre	A kabı (100 ml su)		B kabı (200 ml su)	
Dakika	T_A	$\Delta T_A = T_2 - T_1$	T_B	$\Delta T_B = T_2 - T_1$
0				
3				
6				
9				
12				
15				
18				

Deneyin sonucu:

1- ΔT_A ve ΔT_B 'deki sıcaklık değerlerini karşılaştırınız ve bulduğunuz sonucu aşağıya yazınız.

2- A ve B kaplarındaki sıcaklıkların zamana göre değişimini gösteren grafiği aşağıdaki milimetrik kağıt üzerine çiziniz.

GRAFİK

3-Grafikte ne görüyorsunuz?

4- A kabından elde edilen doğru ile B kabından elde edilen doğru birbirine eşit midir?

5-Her iki beher glastaki sıcaklık artışı aynı mıdır?

6-Hangi kaptaki sıcaklık artışı daha fazladır?

7-Bu farklılığa ne sebep olmuş olabilir?

8-Deney sonunda bulduğunuz sonucu aşağıya yazınız.

Ek-14

Deney No: 4

Deneyin Adı: Farklı miktarda ısınnın eşit su kütlelerine verildiğinde sıcaklık değişiminin incelenmesi

Deneyin Amacı: Eşit kütleli sulara farklı miktarda ısı verildiğinde sıcaklık artışının aynı olup olmadığını araştırmak

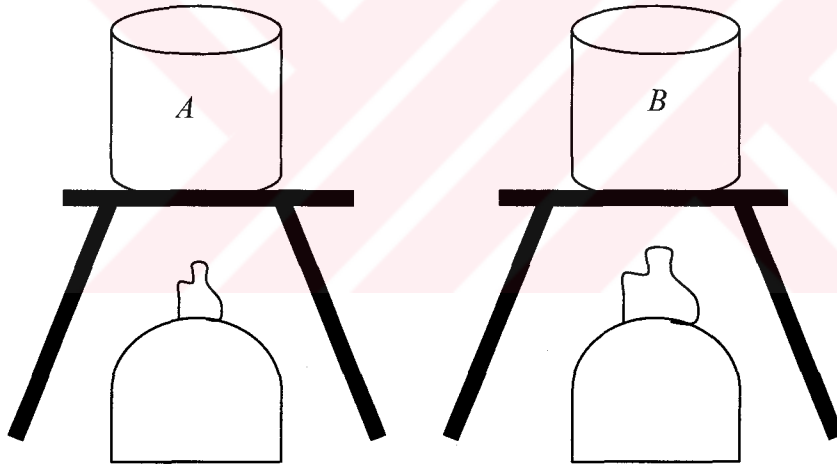
Araç Gereçler:

- 2 adet termometre
- 2 adet dereceli silindir
- 2 adet özdeş ısıtıcı (ispirto ocağı)
- 2 adet üçayak
- 2 adet beher glas

su

Deneyin Yapılışı:

- 1-Dereceli silindir ile eşit miktarda (100'er ml) su ölçülür ve beher glassara konulur.
- 2-Bunların ilk sıcaklıkları termometre ile ölçülür ve kaydedilir.
- 3-Biri diğerine göre 2 kat ısı veren ısıtıcılarla bunlar ısıtılmaya başlanır.



(İKİ KAT ISI VERİYOR)

Şekil 4. 1. Farklı miktarda ısınnın eşit kütlelerdeki sulara verildiğini gösteren şekil.

4-Birer dakika aralıklarla suların sıcaklıkları ölçülür ve aşağıdaki tabloya kayıt edilir.

Süre	A kabı (Q ısıısı verilir)		B kabı (2Q ısıısı verilir)	
Dakika	T_A	$\Delta T_A = T_2 - T_1$	T_B	$\Delta T_B = T_2 - T_1$
0				
1				
2				
3				
4				
5				
6				

Deneyin sonucu:

1- ΔT_A ve ΔT_B 'deki değerleri karşılaştırınız ve bulduğunuz sonucu aşağıya yazınız.

2- A ve B kaplarındaki sıcaklıkların zamana göre değişimini gösteren grafiği aşağıdaki milimetrik kağıt üzerine ziniz.

GRAFİK

3-Grafikte ne görüyorsunuz?

4- A kabından elde edilen doğru ile B kabından elde edilen doğru birbirine eşit midir?

5-Her iki beher glastaki sıcaklık artışı aynı mıdır?

6- Hangi kaptaki sıcaklık artışı daha fazladır?

7-Bu sıcaklık farkına ne sebep olmuş olabilir?

8-Sıcaklık artışı ile verilen ısı arasında bir ilişki olabilir mi? Var ise bunu aşağıya yazınız.

9-Deney sonunda bulduğun sonucu yazınız.

Ek-15

Deney No: 5

Deneyin Adı: Aynı miktarda ısınn eşit kütleli ancak farklı cinsteki maddelere verildiğinde sıcaklık değişiminin incelenmesi

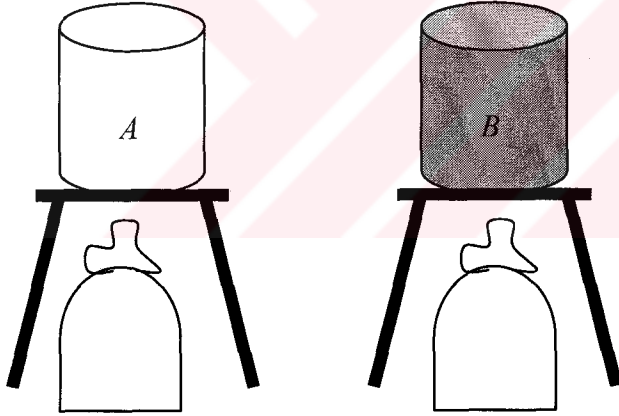
Deneyin Amacı: Sıcaklık artışının maddelerin cinsine bağlılığını incelemek

Araç Gereçler:

- 2 adet termometre
- 2 adet dereceli silindir
- 2 adet özdeş ısıtıcı (ispirto ocağı)
- 2 adet üçayak
- 2 adet beher glas
- su
- zeytinyağı

Deneyin Yapılışı:

- 1-Özdeş silindirlerin bir tanesine 100 g olacak şekilde su koyulur, diğerine ise 100 g olacak şekilde zeytinyağı koyulur ve bunlar beher glassara boşaltılır.
- 2-Bunların ilk sıcaklıkları termometre ile ölçülür ve kaydedilir.
- 3-Özdeş ısıtıcılarla bunlar ısıtılmaya başlanır.



Şekil 5.1. Aynı miktarda ısınn eşit kütlelerdeki ancak farklı cinsteki maddelere verildiğini gösteren şekil.

4-Birer dakika aralıklarla suların sıcaklıkları ölçülür ve aşağıdaki tabloya kayıt edilir.

Süre	A kabı (100 g su)		B kabı (100 g zeytinyağı)	
Dakika	T_A	$\Delta T_A = T_2 - T_1$	T_B	$\Delta T_B = T_2 - T_1$
0				
1				
2				
3				
4				
5				
6				

Deneyin sonucu:

1- ΔT_A ve ΔT_B 'deki sıcaklık değerlerini karşılaştırınız ve bulduğunuz sonucu aşağıya yazınız.

2- A ve B kaplarındaki sıcaklıkların zamana göre değişimini gösteren grafiği aşağıdaki milimetrik kağıt üzerine çiziniz.

GRAFİK

3-Grafikte ne görüyorsunuz?

4- A kabından elde edilen doğru ile B kabından elde edilen doğru birbirine eşit midir?

5-Her iki beher glastaki sıcaklık artışı aynı mıdır?

6- Hangi kaptaki sıcaklık artışı daha fazladır?

7-Bu farklılığa ne sebep olmuş olabilir?

8-Deney sonunda bulduğunuz sonucu aşağıya yazınız.

Ek-16

MADDE VE ÖZELLİKLERİ İLE İLGİLİ KAVRAM ÇARKININ DEĞERLENDİRİLMESİ

1-2: Maddelerin kütlesi eşit kollu terazi ile ölçülebilir.

1-3: İLİŞKİ YOK

1-4: İLİŞKİ YOK

1-5: İLİŞKİ YOK

1-6: İLİŞKİ YOK

1-7: Ölçülen kütlenin birimi kilogram ile ifade edilir (*).

1-8: İLİŞKİ YOK

1-9: İLİŞKİ YOK

1-10: İLİŞKİ YOK

1-11: İLİŞKİ YOK

1-12: İLİŞKİ YOK

1-13: İLİŞKİ YOK

2-3: Belirli bir hacme sahip her cismin bir kütlesi vardır. Belirli bir cins madde için; bu maddenin kütlesi arttıkça hacmi de artar.

2-4: Bir maddenin birim hacminin kütlesine yoğunluk denir. Aynı cins maddeden yapılmış cisimlerin kütleleri arttıkça hacimleri de artar. Böylece $d=m/V$ ifadesi gereğince yoğunluk sabit kalır. Ancak aynı hacimdeki farklı cins maddeler için bu maddelerin kütleleri farklı olacağından yoğunlukları da farklıdır.

2-5: Özağırlık, özkütle ile kütle çekim ivmesinin çarpımı ile bulunabilir. Özkütle ise kütlenin hacme bölümü ile bulunabilir. $\delta= d.g$ şeklindeki özağırlık ifadesi, $\delta=m.g/V$ şeklinde de yazılabilir. Aynı cins maddeden yapılmış cisimlerin, kütleleri arttıkça hacimleri de artacağından; Dünya'nın çekim alanı içerisinde konumları değiştirilmeyen aynı cins maddelerin özağırlıkları sabit kalır.

2-6: Kütle çekim kuvveti, Dünya'nın yerçekiminden dolayı kütleye etki eden kuvvettir.

2-7: Kütlenin birimi, kilogram'dır.

2-8: Bir kütleye etki eden yerçekimi kuvvetinin büyüklüğü Newton ile ifade edilir (*).

2-9: İLİŞKİ YOK

2-10: Dünya'nın çekim alanı içerisinde Dünya yüzeyine yakın bir konumdan serbest düşmeye bırakılan her kütleye, yerin merkezine doğru sabit bir değerde (g) kütle çekim ivmesi etki eder.

2-11: İLİŞKİ YOK

2-12: Bir maddenin birim hacminin kütlesine yoğunluk denir. Aynı cins maddeden yapılmış cisimlerin kütleleri arttıkça hacimleri de artar. Böylece $d=m/V$ ifadesi gereğince yoğunluk sabit kalır. Ancak aynı hacimdeki farklı cins maddeler için bu maddelerin kütleleri farklı olacağından yoğunlukları da farklıdır. Özkütle ile yoğunluk aynı anlamdadır.

2-13: Dünya'nın çekim alanından dolayı belirli bir şekle sahip kütleye etki eden kuvvet, ağırlık olarak tanımlanır. $G=m.g$ ifadesindeki gibi, kütlenin kütle çekim ivmesi ile çarpımından ağırlık elde edilir. Kütle, belirli bir şekle sahip özel bir madde için sabit iken; kütle çekim ivmesi ve buna bağlı olarak da ağırlık, Dünya'nın merkeze olan uzaklığa ve ekvatorordan kuzey ve güney kutuplara olan uzaklığa bağlı olarak birazcık değişir.

3-4: Bir maddenin birim hacminin kütlesine yoğunluk denir. Aynı cins maddeden yapılmış cisimlerin kütleleri arttıkça hacimleri de artar. Böylece $d=m/V$ ifadesi gereğince yoğunluk sabit kalır. Ancak eşit kütleli farklı cins maddeler için bu maddelerin hacimleri farklı olacağından yoğunlukları da farklıdır.

3-5: Özağırlık, özkütle ile kütle çekim ivmesinin çarpımından bulunabilir. Özkütle ise kütlenin hacme bölümü ile bulunabilir. $\delta=d.g$ şeklindeki özağırlık ifadesi, $\delta=m.g/V$ şeklinde de yazılabilir. Aynı cins maddeden yapılmış cisimlerin, hacimleri arttıkça kütleleri de artacağından; Dünya'nın çekim alanı içerisinde konumları değiştirilmeyen aynı cins maddelerin özağırlıkları sabit kalır.

3-6: İLİŞKİ YOK

3-7: Belirli bir hacme sahip her maddenin kütlesi, kilogram cinsinden ifade edilir (*).

3-8: İLİŞKİ YOK

3-9: Hacim, metreküp cinsinden ifade edilir.

3-10: İLİŞKİ YOK

3-11: İLİŞKİ YOK

3-12: Bir maddenin birim hacminin kütlesine yoğunluk denir. Aynı cins maddeden yapılmış cisimlerin kütleleri arttıkça hacimleri de artar. Böylece $d=m/V$ ifadesi gereğince yoğunluk sabit kalır. Ancak eşit kütleli farklı cins maddeler için bu maddelerin hacimleri farklı olacağından yoğunlukları da farklıdır.

3-13: İLİŞKİ YOK

4-5: Özağırlık, özkütle ile kütle çekim ivmesinin çarpımından bulunabilir. $\delta=d.g$ ifadesi ile gösterilebilir. Dünya'nın çekim alanı içerisinde konumu değiştirilmeyen bir madde için, kütle çekim ivmesi ve bu maddenin özkütlesi sabit olacağından özağırlık da sabit değerdedir.

4-6: İLİŞKİ YOK

4-7: Yoğunluk birimi, kilogram/metreküp şeklinde ifade edilebilir (*).

4-8: İLİŞKİ YOK

4-9: Yoğunluk birimi kilogram/metreküp şeklinde ifade edilebilir (*).

4-10: İLİŞKİ YOK

4-11: İLİŞKİ YOK

4-12: Yoğunluk, özkütle olarak da adlandırılmaktadır.

4-13: İLİŞKİ YOK

5-6: Bir maddenin içinde bulunduğu konumda kendisine etki eden kütle çekim kuvvetine bağlı olarak o maddenin özağırlığı değişebilir.

5-7: Özağırlık, özkütlenin kütle çekim ivmesi ile çarpımı şeklinde ifade edilebilir. Özkütle ise kütlenin, hacme bölümü ile bulunabilir. $\delta= d.g$ şeklindeki özağırlık ifadesi, $\delta=m.g/V$ şeklinde de yazılabilir (*).

5-8: Özağırlık birimi, Newton/metreküp şeklinde ifade edilebilir.

5-9: Özağırlık birimi, Newton/metreküp şeklinde ifade edilebilir.

5-10: Özağırlık, birim hacim başına düşen ağırlıktır. Özağırlık, özkütle ile kütle çekim ivmesinin çarpımı ile bulunabilir. $\delta=G/V$ şeklindeki özağırlık ifadesi, $\delta= d.g$ şeklinde de yazılabilir. Belirli bir şekle sahip bir madde için özkütle sabit iken; kütle çekim ivmesi ve buna bağlı olarak da ağırlık, Dünya'nın merkezine olan uzaklığa ve ekvatordan kuzey ve güney kutuplara olan uzaklığa bağlı olarak özağırlık değişir.

5-11: İLİŞKİ YOK

5-12: Özağırlık, özkütle ile kütle çekim ivmesinin çarpımı ile bulunabilir. Aralarında $\delta = d.g$ şeklinde bir bağıntı vardır. Dünya'nın çekim alanı içerisinde konumu değiştirilmeyen bir madde için, kütle çekim ivmesi ve bu maddenin özkütlesi sabit olacağından dolayı özağırlık da sabit değerdedir.

5-13: Özağırlık, ağırlığın hacme bölümü ile bulunur. Özağırlık, birim hacimdeki ağırlık şeklinde tanımlanır. Özağırlık, $\delta = G/V$ ifadesi ile bulunabilir.

6-7: İLİŞKİ YOK

6-8: Kütle çekim kuvvetinin birimi, Newton olarak ifade edilir.

6-9: İLİŞKİ YOK

6-10: Dünya'nın ve Ay'ın kendi eksenini etrafında dönmesinden dolayı, yerin merkezine doğru bir (g) yer çekimi ivmesi vardır. Buna kütle çekim ivmesi olarak ta adlandırılabilir. Bu kütle çekim ivmesi Dünya (yada Ay) üzerinde bulunan tüm kütlelere etki eder ve bunun sonunda kütlelere yerin merkezine doğru bir kütle çekim kuvveti etki eder.

6-11: İLİŞKİ YOK

6-12: İLİŞKİ YOK

6-13: Ağırlık, bir cisme etki eden kütle çekim kuvvetidir.

7-8: Newton, ağırlık birimi; kilogram ise kütle birimidir. Ağırlık, kütle ile kütle çekim ivmesinin çarpımıyla bulunabilir. Ağırlık=kütle*kütle çekim ivmesi şeklinde ifade edilebilir (*).

7-9: İLİŞKİ YOK

7-10: Kütle çekim ivmesinin birimi, Newton/ kilogram'dır (*).

7-11: İLİŞKİ YOK

7-12: Özkütle, kütle'nin hacme bölümü olduğundan dolayı; özkütle birimi, kilogram/metreküp'tür (*).

7-13: İLİŞKİ YOK

8-9: İLİŞKİ YOK

8-10: Kütle çekim ivmesinin birimi, Newton/ kilogram'dır (*).

8-11: İLİŞKİ YOK

8-12: İLİŞKİ YOK

8-13: Ağırlık birimi Newton'dur (*).

9-10: İLİŞKİ YOK

9-11: İLİŞKİ YOK

9-12: Özkütle, kütlenin hacme bölümü olduğundan dolayı; özkütle birimi, kilogram/metreküp'tür (*).

9-13: İLİŞKİ YOK

10-11: Kütle çekim ivmesinin birimi Newton/ kilogram'dır.

10-12: İLİŞKİ YOK

10-13: Ağırlık, Dünya'nın çekim alanı içerisinde serbest düşmeye bırakılan belirli bir şekle sahip kütleyle, kütle çekim ivmesinin etki etmesinden dolayı; bu cisme etki eden kütle çekim kuvvetidir. Ağırlık, kütlenin kütle çekim ivmesi ile çarpımıyla bulunabilir. $Ağırlık = kütle * kütle \text{ çekim ivmesi}$ 'dir.

11-12: İLİŞKİ YOK

11-13: İLİŞKİ YOK

12-13: İLİŞKİ YOK

(*): Dolaylı ilişkileri belirtmektedir.

Ek-17

MADDE VE ÖZELLİKLERİ İLE İLGİLİ KAVRAM SINIFLANDIRMASI**Maddenin Fazları**

katı
sıvı
gaz

Kütle

katıların kütlesi
sıvıların kütlesi
gazların kütlesi
eşit kollu terazi
eylemsizlik

Hacim

katıların hacmi
sıvıların hacmi
gazların hacmi
geometrik olmayan
cisimlerin hacimleri
geometrik biçimli
cisimlerin hacimleri

Özkütle

katıların özkütlesi
sıvıların özkütlesi
gazların özkütlesi
yoğunluk

Özkütle

kütle
hacim

Ağırlık

Newton
kütle çekim kuvveti
kütle çekim ivmesi
kütle

Özağırlık

kütle
kütle çekim ivmesi
hacim
ağırlık

Maddenin Ortak Özellikleri

kütle
eylemsizlik
hacim

Özağırlığı Değiştiren Etmenler

basınç
kütle çekim ivmesinin
bulunulan ortama göre
değişmesi
ağırlığın bulunduğu
ortama göre değişmesi
sıcaklık

Özkütleyi Değiştiren Etmenler

basınç
sıcaklık

Tablo 2. 3. MADDE VE ÖZELLİKLERİ İLE İLGİLİ SORULARA AİT DEĞERLENDİRME TABLOSU

SIRA	KAVRAMLAR	İLGİLİ OLAN SORU	SORUNUN İÇERİĞİ	SORUYA VERİLEN DOĞRU CEVAP	SORUYA VERİLEN YANLIŞ CEVAP	AÇIKLAMALAR
1	Hacim Kavramı	1c	Hacim tanımı			
		1d	Hacim tanımı			
		3	Kürenin hacim ifadesi			
		3	Özkütle formülünü kullanarak hacim kavramına ulaşma			
		9	Hacim değişimi			
2	Kütle Kavramı	5	Hacmin sıcaklık ve basınç ile değişimi			
		2	Hacmin sıcaklık ve basınç ile değişimi			
		9	Kütle değişimi			
		1a	Kütle tanımı			
		4	Ağırlık değişimi			
3	Ağırlık Kavramı	6	Ağırlık değişimi			
		9	Ağırlık değişimi			
		3	Özkütle formülü			
		2	Özkütlenin, hacim değişimi ile değişmesi			
		5	Özkütlenin, hacim değişimi ile değişmesi			
4	Özkütle Kavramı	1b	Özkütle tanımı			
		6	Özgül ağırlık formülü			
		2	Özgül ağırlığın, yerçekimi ivmesinin değişmesi ile değişimi			
		2	Özgül ağırlığın, özkütlenin değişimi ile değişmesi			
		7	Yerçekimi tanımı			
6	Yerçekimi Kavramı	8	Eylemsizlik tanımı			
7	Eylemsizlik Kavramı	6	Yerçekimi ivmesinin değişimi			
8	Yerçekimi İvmesi Kavramı	9	Yerçekimi ivmesinin değişimi			
		2	Yerçekimi ivmesinin değişimi			
		4	Yerçekimi ivmesinin değişimine ait yorum			

EK-19

ISI VE SICAKLIK İLE İLGİLİ SORULARIN DEĞERLENDİRİLMESİ

Isı ve sıcaklık nedir? Tanımlayınız.

Bir maddeyi oluşturan atomun elektronları ve atomların oluşturduğu moleküller bulunduğu ortamın sıcaklığından dolayı sürekli hareket halindedir. Yüksek sıcaklıklarda maddeyi oluşturan atom veya moleküllerin rast gele hareketleri hızlanır ve bunun sonucunda kinetik enerjileri artar. Bir atom veya molekülün kinetik enerjisi, hızın karesi ile orantılıdır. Maddeyi oluşturan atom veya moleküller birbiri ile daha çok çarpışmaya başlar. Gazların kinetik teorisine göre; gaz moleküllerinin hızı, molekülün içinde bulunduğu ortamın sıcaklığının karekökü ile orantılıdır. Moleküllerin sahip oldukları kinetik enerji, moleküllerin termal enerjisine karşılık gelir. Yüksek sıcaklıklarda çarpışan gaz moleküllerinin sahip olduğu termal enerji, sıcaklık ile doğru orantılıdır. Bu nedenle sıcaklık, bir maddenin termal enerjisinin bir göstergesidir. Sıcaklık, bir maddenin termal enerjisi değildir.

Farklı sıcaklıktaki iki cismin birbirleri ile temas halinde olduğunu düşünelim. Daha sıcak olan cismi oluşturan moleküller diğer moleküllere göre daha yüksek hıza sahiptir. Daha yüksek hıza sahip moleküller hareket halinde iken diğer moleküllere çarpar ve onları da daha hızlı hareket etmeye zorlar. Sıcaklığı yüksek olan cismin moleküllerinin hızı azalırken diğer cismin moleküllerinin hızı artar. Bu sırada termal enerji transferi gerçekleşir. Bu enerji transferi her iki cismin sıcaklığı eşit oluncaya kadar devam eder.

Isı, sıcaklık farkından dolayı transfer edilen enerji çeşididir. Isı transferi; iletim, yayılım ve ışıma şeklinde olabilir. Isı, kalorimetre kabı ile ölçülür. Birimi, joule veya kaloridir.

Sıcaklık, özel bir termometre ölçeğinde bir maddenin sıcaklık veya soğukluk derecesinin bir ölçüsüdür. Sıcaklık ölçümünde termometre olarak adlandırılan araç

kullanılır. Termometre yapımında; yeniden gözlenebilen, ölçülebilen ve tercihen doğrusal bir biçimde sıcaklık ile değişim gösteren özelliğe sahip maddeler kullanılır. Bir termometre ölçeğinde, suyun buz haline geldiği alt değer ile buhar haline geldiği üst değer keyfi olarak alınır. Bu iki değer keyfi alınması ile Celsius, Kelvin, Fahrenheit ve Reaumur sıcaklık ölçekleri tanımlanmıştır. Bu sıcaklık ölçeklerinde; alt ve üst değerler arasındaki sıcaklık farkı, keyfi olarak istenilen sayıda eşit sıcaklık değerlerine ayrılmıştır. Herbir sıcaklık aralığı, kullanılan özel sıcaklık ölçeğinin $^{\circ}\text{C}$, $^{\circ}\text{F}$, K veya $^{\circ}\text{R}$ gibi isimleri ile ifade edilir.



Ek-20
ISI VE SICAKLIK İLE İLGİLİ KAVRAM ÇARKININ
DEĞERLENDİRİLMESİ

- 1-2: Isı, bir enerjidir.
- 1-3: Isı, cisimler arasındaki sıcaklık farkından dolayı transfer edilen enerji çeşididir.
- 1-4: İLİŞKİ YOK
- 1-5: Bir maddenin ısısının değişmesi, o maddeyi oluşturan moleküllerin toplam kinetik enerjisinde değişime neden olur.
- 1-6: İLİŞKİ YOK
- 1-7: Isı, kalorimetre kabı ile ölçülebilir.
- 1-8: Joule, bir ısı birimidir.
- 1-9: Kalori, bir ısı birimidir.
- 1-10: İLİŞKİ YOK
- 1-11: İLİŞKİ YOK
- 1-12: İLİŞKİ YOK
- 1-13: İLİŞKİ YOK
- 1-14: Sıcaklık değişimi, maddenin ısısında bir değişime neden olabilir.
- 1-15: Sıcaklıkları farklı iki madde birbirine temas ettirilirse; bu maddeler arasında sıcaklık farkını ortadan kaldıracak şekilde gerçekleşen ısı transferi sırasında maddeler, ısı alışverişi yaparlar.
- 1-16: Bir maddeyi oluşturan moleküllerin, minimum titreşim enerjisine sahip olduğu sıcaklığa mutlak sıfır noktası denir.
- 1-17: Isı, sıcaklık farkından dolayı transfer edilen enerjidir.
- 1-18: Bir maddeye ısı verildiğinde, madde açısından bu ısı, alınan ısı olarak ifade edilir.
- 1-19: Bir maddeden ısı alındığında, madde açısından bu ısı, verilen ısı olarak ifade edilir.
- 1-20: İLİŞKİ YOK
- 2-3: Sıcaklık, bir enerji değildir.

2-4: Ortalama kinetik enerji, maddeyi oluşturan moleküllerin sahip olduğu kinetik enerjilerinin molekül sayısına bölünmesi ile bulunur.

2-5: Toplam kinetik enerji, maddeyi oluşturan moleküllerin sahip olduğu kinetik enerjilerin toplanması ile bulunur.

2-6: İLİŞKİ YOK

2-7: İLİŞKİ YOK

2-8: Joule, bir enerji birimidir.

2-9: Kalori, bir enerji birimidir.

2-10: İLİŞKİ YOK

2-11: İLİŞKİ YOK

2-12: İLİŞKİ YOK

2-13: İLİŞKİ YOK

2-14: Bir maddenin içinde bulunduğu ortamın sıcaklığının değişmesi o maddeyi oluşturan atom veya moleküllerin termal enerjisinde değişime neden olur.

2-15: Isı alışverişinde transfer edilen enerji ısıdır.

2-16: Bir maddeyi oluşturan moleküllerin, minimum titreşim enerjisine sahip olduğu sıcaklığa mutlak sıfır noktası denir.

2-17: Sıcaklık farkından dolayı transfer edilen enerji ısıdır.

2-18: İLİŞKİ YOK

2-19: İLİŞKİ YOK

2-20: İLİŞKİ YOK

3-4: Sıcaklık, ortalama kinetik enerjinin bir göstergesidir.

3-5: İLİŞKİ YOK

3-6: Sıcaklık ölçümünde kullanılan araç, termometredir.

3-7: İLİŞKİ YOK

3-8: İLİŞKİ YOK

3-9: İLİŞKİ YOK

3-10: Sıcaklık ölçümünde Celsius sıcaklık ölçeği kullanılabilir.

3-11: Sıcaklık ölçümünde Kelvin sıcaklık ölçeği kullanılabilir.

3-12: Sıcaklık ölçümünde Reaumur sıcaklık ölçeği kullanılabilir.

3-13: Sıcaklık ölçümünde Fahrenheit sıcaklık ölçeği kullanılabilir.

3-14: Bir maddenin sıcaklığının değişmesi demek o maddenin sıcaklığının ilk sıcaklığına göre artması yada azalması demektir.

3-15: Sıcaklıkları birbirinden farklı iki madde temas ettiklerinde, bunların son sıcaklıkları eşit olana dek bu maddeler arasında ısı alışverişi olur.

3-16: Kelvin sıcaklık ölçeğine göre sıfır kabul edilen sıcaklık değeri, mutlak sıfır olarak adlandırılır.

3-17: Sıcaklıkları birbirinden farklı iki madde temas ettiklerinde bunların son sıcaklıkları eşit olana dek bu maddeler arasında ısı transferi gerçekleşir.

3-18: İLİŞKİ YOK

3-19: İLİŞKİ YOK

3-20: İLİŞKİ YOK

4-5: Bir maddeyi oluşturan moleküllerin toplam kinetik enerjisi, o maddedeki moleküllerin sahip oldukları ortalama kinetik enerjilerin toplamına eşittir.

4-6: İLİŞKİ YOK

4-7: İLİŞKİ YOK

4-8: İLİŞKİ YOK

4-9: İLİŞKİ YOK

4-10: İLİŞKİ YOK

4-11: İLİŞKİ YOK

4-12: İLİŞKİ YOK

4-13: İLİŞKİ YOK

4-14: Bir maddenin sıcaklığının değişmesi, o maddeyi oluşturan moleküllerin ortalama kinetik enerjilerinin değişmesine neden olur.

4-15: Sıcaklıkları birbirinden farklı olan iki madde temas ettirildiklerinde, bunlar arasında ısı alışverişinin olması bu maddeleri oluşturan moleküllerin ortalama kinetik enerjilerinde değişmeye neden olur.

4-16: İLİŞKİ YOK

4-17: Isı transferi sonucunda maddeyi oluşturan moleküllerin ortalama kinetik enerjileri değişebilir (Hal değişimleri; erime, buharlaşma, donma ve yoğunlaşma fazları hariç).

4-18: Bir maddenin ısı alması sonucunda, o maddeyi oluşturan moleküllerin ortalama kinetik enerjileri bir miktar artar.

4-19: Bir maddenin ısı vermesi sonucunda o maddeyi oluşturan moleküllerin ortalama kinetik enerjileri bir miktar azalır.

4-20: İLİŞKİ YOK

5-6: İLİŞKİ YOK

5-7: İLİŞKİ YOK

5-8: Toplam kinetik enerji, joule ile ifade edilebilir.

5-9: Toplam kinetik enerji, kalori ile ifade edilebilir.

5-10: İLİŞKİ YOK

5-11: İLİŞKİ YOK

5-12: İLİŞKİ YOK

5-13: İLİŞKİ YOK

5-14: Sıcaklık değişimi, toplam kinetik enerjinin değişmesine neden olabilir (Hal değişimleri; erime, donma, buharlaşma ve yoğunlaşma fazları hariç).

5-15: Isı alışverişi sonucunda maddeyi oluşturan moleküllerin toplam kinetik enerjisinde değişme olabilir.

5-16: Mutlak sıfır noktasında, moleküllerin toplam kinetik enerjileri minimumdur.

5-17: Sıcaklıkları farklı maddeler arasında gözlenen ısı transferi sonucunda maddeleri oluşturan moleküllerin toplam kinetik enerjisinde değişme olabilir.

5-18: Bir maddenin ısı alması sonucunda o maddeyi oluşturan moleküllerin toplam kinetik enerjisi bir miktar artar.

5-19: Bir maddenin ısı vermesi sonucunda o maddeyi oluşturan moleküllerin toplam kinetik enerjisi bir miktar azalır.

5-20: İLİŞKİ YOK

6-7: İLİŞKİ YOK

6-8: İLİŞKİ YOK

6-9: İLİŞKİ YOK

6-10: Celsius sıcaklık ölçeği, bir termometre ölçeğidir.

6-11: Kelvin sıcaklık ölçeği, bir termometre ölçeğidir.

6-12: Reaumur sıcaklık ölçeği, bir termometre ölçeğidir.

6-13: Fahrenheit sıcaklık ölçeği, bir termometre ölçeğidir.

6-14: Sıcaklık değişimlerinin ölçümünde termometre olarak adlandırılan araç kullanılır.

6-15: İLİŞKİ YOK

6-16: Günümüz şartlarında mevcut olan bir termometre ile mutlak sıfır noktasını ölçmek mümkün değildir.

6-17: İLİŞKİ YOK

6-18: İLİŞKİ YOK

6-19: İLİŞKİ YOK

6-20: İLİŞKİ YOK

7-8: Kalorimetre kabı ile ölçülen enerjinin birimi joule'dür (*).

7-9: Kalorimetre kabı ile ölçülen enerjinin birimi kalori'dür (*).

7-10: İLİŞKİ YOK

7-11: İLİŞKİ YOK

7-12: İLİŞKİ YOK

7-13: İLİŞKİ YOK

7-14: İLİŞKİ YOK

7-15: Kalorimetre kabı, ısı alışverişi ölçümlerine ait deneylerin yapıldığı kaptır.

7-16: İLİŞKİ YOK

7-17: Isı alışverişi sırasında transfer edilen enerjinin ölçümlerinin yapıldığı araç, kalorimetre kabıdır.

7-18: Kalorimetre kabı ile bir maddenin aldığı ısı ölçülebilir.

7-19: Kalorimetre kabı ile bir maddeye verilen ısı ölçülebilir.

7-20: İLİŞKİ YOK

8-9: Bir kalori 4,18 joule'e karşılık gelir.

8-10: İLİŞKİ YOK

8-11: İLİŞKİ YOK

8-12: İLİŞKİ YOK

8-13: İLİŞKİ YOK

8-14: İLİŞKİ YOK

8-15: Isı alışverişinde transfer edilen enerji miktarı, joule ile ifade edilebilir.

8-16: İLİŞKİ YOK

8-17: Isı transferinde, transfer edilen enerjinin miktarı joule ile ifade edilebilir.

8-18: Alınan ısı miktarı, joule ile ifade edilebilir.

8-19: Verilen ısı miktarı, joule ile ifade edilebilir.

8-20: İLİŞKİ YOK

9-10: İLİŞKİ YOK

9-11: İLİŞKİ YOK

9-12: İLİŞKİ YOK

9-13: İLİŞKİ YOK

9-14: İLİŞKİ YOK

9-15: Isı alışverişinde transfer edilen enerjinin miktarı, kalori ile ifade edilebilir.

9-16: İLİŞKİ YOK

9-17: Isı transferinde, transfer edilen enerjinin miktarı kalori ile ifade edilebilir.

9-18: Alınan ısı miktarı, kalori ile ifade edilebilir.

9-19: Verilen ısı miktarı, kalori ile ifade edilebilir.

9-20: İLİŞKİ YOK

10-11: Kelvin termometresindeki bir sıcaklık değerinin, Celsius termometresinde

hangi değere karşılık geleceği şu şekilde bulunur: $\frac{C - 0}{100 - 0} = \frac{K - 273}{373 - 273}$

10-12: Reaumur termometresindeki bir sıcaklık değerinin, Celsius termometresinde

hangi değere karşılık geleceği şu şekilde bulunur: $\frac{C - 0}{100 - 0} = \frac{R - 0}{80 - 0}$

10-13: Fahrenheit termometresindeki bir sıcaklık değerinin, Celsius termometresinde

hangi değere karşılık geleceği şu şekilde bulunur: $\frac{C - 0}{100 - 0} = \frac{F - 32}{212 - 32}$

10-14: Sıcaklık değişimleri, Celsius sıcaklık ölçeği cinsinden ifade edilebilir.

10-15: İLİŞKİ YOK

10-16: Mutlak sıfır noktası, Celsius termometresine göre -273.16°C 'dir.

10-17: İLİŞKİ YOK

10-18: İLİŞKİ YOK

10-19: İLİŞKİ YOK

10-20: İLİŞKİ YOK

11-12: Reaumur termometresindeki bir sıcaklık değerinin, Kelvin termometresinde

hangi değere karşılık geleceği şu şekilde bulunur: $\frac{K - 273}{373 - 273} = \frac{R - 0}{80 - 0}$

11-13: Fahrenheit termometresindeki bir sıcaklık değerinin, Kelvin termometresinde

hangi değere karşılık geleceği şu şekilde bulunur: $\frac{K - 273}{373 - 273} = \frac{F - 32}{212 - 32}$

11-14: Sıcaklık değişimleri, Kelvin sıcaklık ölçeği cinsinden ifade edilebilir.

11-15: İLİŞKİ YOK

11-16: Mutlak sıfır noktası, Kelvin termometresine göre 0 K'dir.

11-17: İLİŞKİ YOK

11-18: İLİŞKİ YOK

11-19: İLİŞKİ YOK

11-20: İLİŞKİ YOK

12-13: Fahrenheit termometresindeki bir sıcaklık değerinin, Reaumur termometresinde hangi değere karşılık geleceği şu şekilde bulunur:

$$\frac{R - 0}{80 - 0} = \frac{F - 32}{212 - 32}$$

12-14: Sıcaklık değişimleri, Reaumur sıcaklık ölçeği cinsinden ifade edilebilir.

12-15: İLİŞKİ YOK

12-16: Mutlak sıfır noktası, Reaumur termometresine göre -218,4 °R'dür.

12-17: İLİŞKİ YOK

12-18: İLİŞKİ YOK

12-19: İLİŞKİ YOK

12-20: İLİŞKİ YOK

13-14: Sıcaklık değişimleri, Fahrenheit sıcaklık ölçeği cinsinden ifade edilebilir.

13-15: İLİŞKİ YOK

13-16: Mutlak sıfır noktası, Fahrenheit termometresine göre $-459,4^{\circ}\text{F}$ 'dür.

13-17: İLİŞKİ YOK

13-18: İLİŞKİ YOK

13-19: İLİŞKİ YOK

13-20: İLİŞKİ YOK

14-15: Sıcaklıkları farklı iki madde arasındaki ısı alışverişi sonucunda ısı alan ve veren maddelerde sıcaklık değişimi gözlenebilir.

14-16: İLİŞKİ YOK

14-17: Sıcaklıkları farklı iki madde arasında gerçekleşen ısı transferi sonucunda ısı alan ve veren maddelerde sıcaklık değişimi gözlenebilir.

14-18: Bir maddenin ısı alması sonucunda sıcaklığı değişebilir (Hal değişimleri; donma, erime, buharlaşma ve yoğunlaşma fazları hariç).

14-19: Bir maddenin ısı vermesi sonucunda sıcaklığı değişebilir (Hal değişimleri; donma, erime, buharlaşma ve yoğunlaşma fazları hariç).

14-20: İLİŞKİ YOK

15-16: İLİŞKİ YOK

15-17: Sıcaklıkları farklı iki madde temas ettirilirse sıcaklık farkı ortadan kalkana kadar ısı transfer edilirken maddeler arasında ısı alışverişi gerçekleşir.

15-18: Sıcaklıkları farklı iki madde temas ettirildiklerinde, sıcaklığı daha düşük olan madde ısı alır.

15-19: Sıcaklıkları farklı iki madde temas ettirildiklerinde, sıcaklığı daha yüksek olan madde ısı verir.

15-20: İLİŞKİ YOK

16-17: İLİŞKİ YOK

16-18: İLİŞKİ YOK

16-19: İLİŞKİ YOK

16-20: İLİŞKİ YOK

17-18: Sıcaklıkları farklı iki madde temas ettirilirse sıcaklık farkı ortadan kalkana kadar ısı transfer edilirken sıcaklığı daha düşük olan madde ısı alır.

17-19: Sıcaklıkları farklı iki madde temas ettirilirse sıcaklık farkı ortadan kalkana kadar ısı transfer edilirken sıcaklığı daha yüksek olan madde ısı verir.

17-20: İLİŞKİ YOK

18-19: Sıcaklıkları farklı iki madde temas ettirildiklerinde, sıcaklık farkı ortadan kalkana dek gerçekleşen ısı alış verişinde alınan ısı, verilen ısıya eşittir.

18-20: İLİŞKİ YOK

19-20: İLİŞKİ YOK



(*): Dolaylı ilişkileri belirtmektedir.

Ek-21

ISITILAN BİR MADDEYE VERİLEN ENERJİ İLE İLGİLİ KAVRAM ÇARKININ DEĞERLENDİRİLMESİ

1-2: Eşit kütleli farklı cins maddelere birim zamanda aynı sıcaklık değişimi elde etmek için, verilmesi gereken enerji (ısı) birbirinden farklıdır.

1-3: Eşit kütleli aynı cins maddelere farklı miktarda ısı verildiğinde, bu maddelerin birim zamandaki sıcaklık değişimleri de farklı olur.

1-4: Farklı kütleli aynı cins maddelere birim zamanda aynı sıcaklık değişimi yaptırmak için, verilmesi gereken ısı miktarı birbirinden farklıdır.

1-5: Eşit kütleli aynı cins maddelere birim zamanda aynı sıcaklık değişimleri yaptırmak için, verilmesi gereken ısı miktarı birbirinin aynısıdır.

2-3: Eşit kütleli farklı cins maddelere aynı miktar ısı verildiğinde, bunların birim zamandaki sıcaklık değişimleri farklı olur.

2-4: Eşit hacimli farklı cins maddelerin kütleleri birbirinden farklıdır.

2-5: Eşit kütleli farklı cins maddelere aynı miktarda ısı verilerek eşit sıcaklık değişimleri elde etmek için gereken süre birbirinden farklıdır.

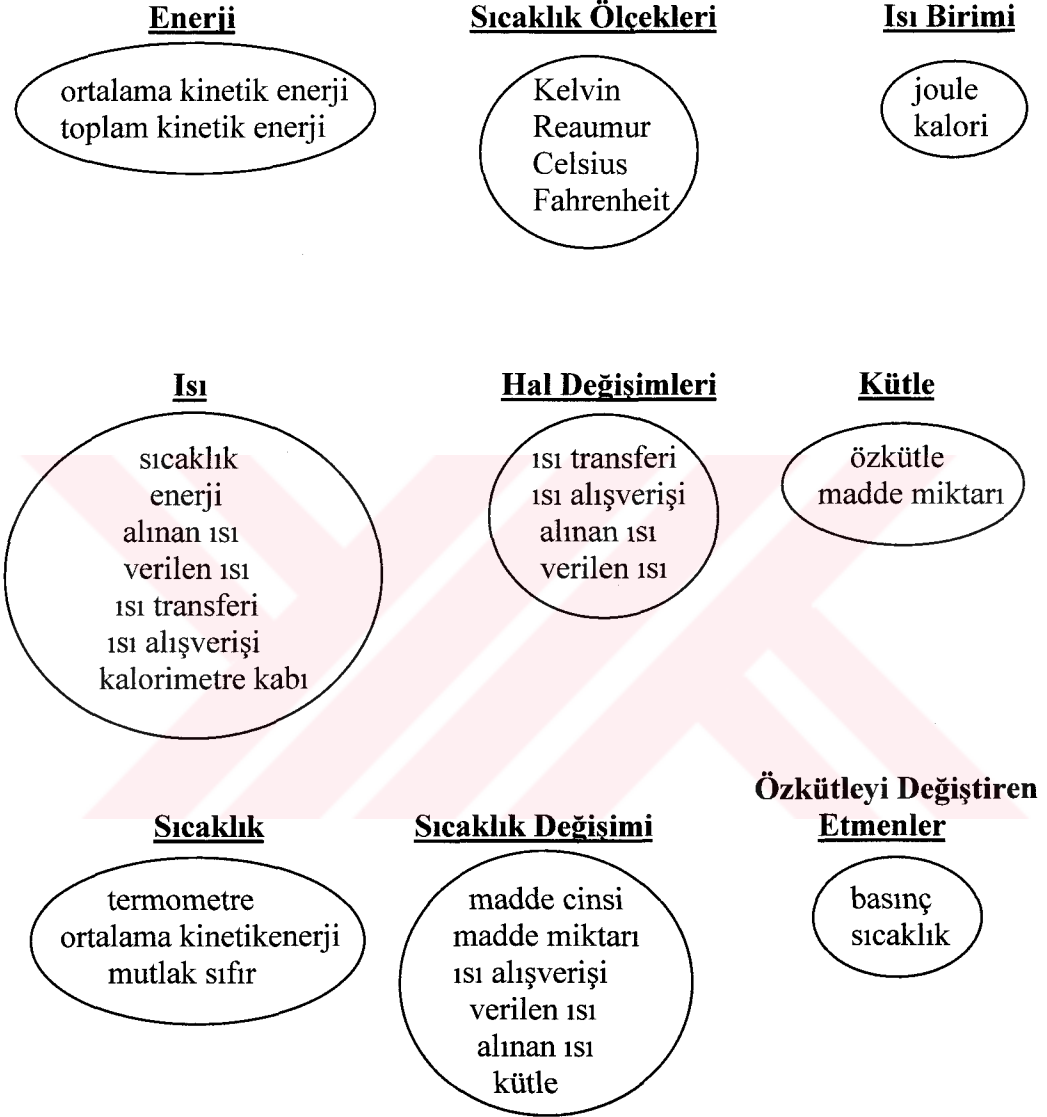
3-4: Farklı kütleli aynı cins maddelere aynı miktar ısı verildiğinde, birim zamandaki sıcaklık değişimleri farklı olur.

3-5: Eşit kütleli aynı cins maddelere aynı miktar ısı verildiğinde, bunların birim zamandaki sıcaklık değişimleri aynı olur.

4-5: Farklı kütleli aynı cins maddelere aynı miktar ısı verildiğinde, bu maddelerde aynı sıcaklık değişimlerinin olabilmesi için gereken zaman dilimi birbirinden farklıdır.

Ek-22

ISI VE SICAKLIK İLE İLGİLİ KAVRAM SINIFLANDIRMASI



Tablo 2. 4. ISI VE SICAKLIK İLE İLGİLİ SORULAR-1'E AİT DEĞERLENDİRME TABLOSU

SIRA	KAVRAMLAR	İLGİLİ OLAN SORU	SORUNUN İÇERİĞİ	SORUYA VERİLEN DOĞRU CEVAP	SORUYA VERİLEN YANLIŞ CEVAP	AÇIKLAMALAR
1	$Q=m.c.\Delta T$	1	$Q=m.c.\Delta T$ ifadesinin kullanımı			
		3	$Q=m.c.\Delta T$ ifadesinin kullanımı			
		2	$Q=m.c.\Delta T$ ifadesinin yorumu			
2	Özısı kavramı	2a	$Q=m.c.\Delta T$ ifadesinde özısı kavramını yorumlama			
		3	$Q=m.c.\Delta T$ ifadesini kullanarak özısı kavramına ulaşma			
3	Isı sıgası kavramı	2c	$Q=m.c.\Delta T$ ifadesini kullanarak ısı sıgası kavramına ulaşma			
		3	$Q=m.c.\Delta T$ ifadesini kullanarak ısı sıgası kavramına ulaşma			
4	Özgül ısı kavramı	5	Özgül ısı kavramını yorumlama			
5	Isı değişimi kavramı	4a	Isı değişimi kavramını yorumlama			
6	Sıcaklık değişimi kavramı	4b	Sıcaklık değişimi tanımı			
7	Son sıcaklık kavramı	4c	Son sıcaklık tanımı			
8	Kütle kavramı	2b	$Q=m.c.\Delta T$ ifadesinde kütle kavramını yorumlama			
9	Hacim kavramı	5	Sıcaklık kavramını kullanarak hacmi yorumlama			

Tablo 2. 5. ISI VE SICAKLIK İLE İLGİLİ SORULAR-2'YE AİT DEĞERLENDİRME TABLOSU

SIRA	KAVRAMLAR	İLGİLİ OLAN SORU	SORUNUN İÇERİĞİ	SORUYA VERİLEN DOĞRU CEVAP	SORUYA VERİLEN YANLIŞ CEVAP	AÇIKLAMALAR
1	$Q=m.c.\Delta T$	1	$Q=m.c.\Delta T$ ifadesinin kullanımı			
		3	$Q=m.c.\Delta T$ ifadesinin kullanımı			
		5	$Q=m.c.\Delta T$ ifadesinin kullanımı			
		6	$Q=m.c.\Delta T$ ifadesinin yorumu			
2	Ağırlık kavramı	3	Ağırlık formülünün kullanımı			
		6	Ağırlık değişimi			
3	Özkütle kavramı	1	Özkütle formülünün kullanımı			
		5	Özkütle formülünün kullanımı			
		4	Özkütle kavramının yorumu			
4	Hacim kavramı	5	Kümenin hacim ifadesi			
		4b	Özkütle formülünü kullanarak hacim kavramına ulaşma			
		4c	Gazların hacmini hatırlama			
5	Kütle kavramı	1	Özkütle formülünü kullanarak kütle kavramına ulaşma			
		3	Ağırlık formülünü kullanarak kütle kavramına ulaşma			
		5	Özkütle formülünü kullanarak kütle kavramına ulaşma			
6	Kaynama	4a	Kaynama sonucunda buharlaşma olayını hatırlama			
		2	Basınç ile kaynamanın gerçekleşmesini hatırlama			
		6	Basınç ile kaynamanın gerçekleşmesini hatırlama			

Tablo 2. 6. ISI VE SICAKLIK İLE İLGİLİ SORULAR-3'E AİT DEĞERLENDİRME TABLOSU

SIRA	KAVRAMLAR	İLGİLİ OLAN SORU	SORUNUN İÇERİĞİ	SORUYA VERİLEN DOĞRU CEVAP	SORUYA VERİLEN YANLIŞ CEVAP	AÇIKLAMALAR
1	Moleküller Arası Çekim Kuvveti kavramı (M.A.Ç.K.)	1a	M.A.Ç.K. tanımı			
		1b	M.A.Ç.K. tanımı			
		1c	M.A.Ç.K. tanımı			
		1d	M.A.Ç.K. tanımı			
		2c	M.A.Ç.K. tanımı			
2	Potansiyel Enerji kavramı	3a	M.A.Ç.K. ile Potansiyel Enerji arasındaki ilişki			
		4b	M.A.Ç.K. tanımı			
		2a	Potansiyel Enerji tanımı			
		3c	Potansiyel Enerji tanımı			
		4d	Potansiyel Enerji tanımı			
3	Düzensizlik kavramı	5c	Potansiyel Enerji tanımı			
		2b	Düzensizliğin tanımı			
		3d	Düzensizliğin tanımı			
		3i	Düzensizliğin tanımı			
		3b	Kinetik Enerji tanımı			
4	Kinetik Enerji kavramı	6a	Kinetik Enerji tanımı			
		6b	Kinetik Enerji tanımı			
		3e	Hacim tanımı			
		4a	Hacim tanımı			
		5b	Hacim tanımı			
5	Hacim kavramı	3f	Kütle tanımı			
		4f	Kütle tanımı			
		3g	Özkütle tanımı			
		5a	Özkütle tanımı			
		3h	Moleküler yapı tanımı			
6	Kütle kavramı	4c	Molekül sayısı tanımı			
		4c	Isı Sığası tanımı			
		6d	Ortalama Kinetik Enerji tanımı			
		6c	Toplam Kinetik Enerji tanımı			
		6c	Toplam Kinetik Enerji kavramı			

ÖZGEÇMİŞ

Seda Çekiç, 1979 yılında doğdu. İlk ve orta öğrenimini Eskişehir'in Sivrihisar ilçesinde tamamladı. 1997 yılında Afyon Anadolu Öğretmen Lisesi'nden mezun oldu. Yüksek öğrenimini, Haziran 2001'de, Gazi Üniversitesi Gazi Eğitim Fakültesi Orta Öğretim Fen ve Matematik Alanları Eğitimi Bölümü Fizik Eğitimi Anabilim Dalı'nda tamamladı. Eylül 2001'de, Gazi Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü Orta Öğretim Fen ve Matematik Alanları Eğitimi Anabilim Dalı Fizik Eğitimi Bilim Dalı yüksek lisans programına kaydoldu. 2001-2002 akademik yılında Gazi Üniversitesi Gazi Eğitim Fakültesi Fizik Eğitimi Anabilim Dalı'nda öğretim elemanı olarak çalıştı. 2002 Eylül'de Aksaray ili Güzelyurt ilçesine bağlı İhlara 100. Yıl İlköğretim Okulu'nda Fen Bilgisi öğretmeni olarak göreve başladı. Halen bu görevine devam etmektedir.